

Apresentação

A presente edição da *Revista de Educação da APEOESP* contém subsídios para os professores da rede pública estadual, associados do nosso sindicato, que se inscreverão nos próximos concursos públicos promovidos pela Secretaria de Estado da Educação e que participarão das provas instituídas pelo governo. Organizada pela Secretaria de Formação, esta publicação contém as resenhas dos livros que compõem a bibliografia dos concursos, realizadas por profissionais altamente qualificados, de forma a contribuir para que os professores possam obter o melhor desempenho nas provas.

Ao mesmo tempo, não podemos deixar de registrar nossa posição contrária às avaliações excludentes que vem sendo promovidas pela Secretaria Estadual da Educação que, além de tudo, desrespeita os professores ao divulgar extensa bibliografia a poucos dias da prova, inclusive contendo vários títulos esgotados. Esperamos, no entanto, que todos os professores possam extrair desta da *Revista de Educação* o máximo proveito, obtendo alto rendimento nas provas dos concursos e avaliações.

Nossa luta por mais concursos prossegue, com a periodicidade necessária diante de uma drástica redução no número de professores temporários, agregando mais qualidade ao ensino e profissionalizando, cadavez mais, o magistério estadual. A periodicidade dos concursos a cada quatro anos – com ritmo mais acelerado nos próximos dois anos – foi uma conquista nossa e vamos exigir que seja efetivada.

A diretoria

Índice Química

1. BAIRD, Colin. Química ambiental. Tradução de M. A. L Recio e L. C. M. Carrera. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
2. CANTO, E. L. Minerais, minérios, metais: de onde vêm? para onde vão? 2. ed. São Paulo: Moderna, 2008.
3. CHALMERS, A. F. O que é ciência afinal? Tradução de R. Fifer. São Paulo: Brasiliense, 2009.
4. CHASSOT, A. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2001.
5. GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. Interações e Transformações: química para o Ensino Médio. São Paulo: EDUSP, 1995/2007. livros I, II. Guia do professor, Livro do aluno.
6. GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. Interações e Transformações: química e a sobrevivência, atmosfera, fonte de materiais. São Paulo, EDUSP, 1998.
7. KOTZ, J. C.; TREICHELJ JR, P. M. Química geral e reações químicas. São Paulo: Thomson, 2005/2009. v. 1 e 2.
8. MARZZOCO, A.T.; TORRES, B.B. Bioquímica básica. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
9. PESSOA de CARVALHO, A. M.; GIL-PEREZ, D. (2001). Formação de professores de ciências. 9. ed. São Paulo: Ed Cortez, 2009 (Questões da nossa época, 26).
10. QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, cadernos temáticos n. 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos>> Acesso em: 26 jan. 2010.
11. ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. Introdução à química ambiental. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
12. SOLOMONS, T. W. G. Química Orgânica. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1 e 2.
13. TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. A atmosfera terrestre. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2008. (Polêmica)
14. ZANON, L. B.; MALDANER, o A. (Orgs). Fundamentos e propostas de ensino de Química para a Educação Básica no Brasil. Ijuí: Unijuí, 2007.

1. BAIRD, Colin. Química ambiental. Tradução de M. A. L Recio e L. C. M. Carrera. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

INTRODUÇÃO À QUÍMICA AMBIENTAL

A QUÍMICA DESEMPENHA UM PAPEL FUNDAMENTAL NO AMBIENTE DE NOSSO PLANETA. É COMUM A POPULAÇÃO CULPAR OS QUÍMICOS SINTÉTICOS E SEUS CRIADORES PELOS PROBLEMAS DE POLUIÇÃO MAIS COMUNS. A QUÍMICA AMBIENTAL ENVOLVE O ESTUDO DE UM GRANDE NÚMERO DE DIFERENTES AGENTES QUÍMICOS, PROCESSOS E PROCEDIMENTOS DE REMEDIAÇÃO.

A QUÍMICA DA ESTRATOSFERA: A CAMADA DE OZÔNIO

A CAMADA DE OZÔNIO É UMA REGIÃO DA ATMOSFERA QUE FILTRA OS RAIOS ULTRAVIOLETAS (UV) NOCIVOS PROVENIENTES DO SOL, ANTES QUE ESSES POSSAM ATINGIR A SUPERFÍCIE DE NOSSO PLANETA, CAUSANDO DANOS AOS SERES HUMANOS E A OUTRAS FORMAS DE VIDA.

O OZÔNIO É UM GÁS (PONTO DE EBULIÇÃO DE 112°C) QUE ESTÁ PRESENTE EM PEQUENAS CONCENTRAÇÕES EM TODA ATMOSFERA. A QUANTIDADE TOTAL DE OZÔNIO ATMOSFÉRICO EM QUALQUER LOCAL É EXPRESSA EM TERMOS DE UNIDADES DOBSON (UD); ESTA UNIDADE É EQUIVALENTE À ESPESSURA DE 0,01MM (0,001CM) DE OZÔNIO PURO, COM A DENSIDADE QUE ELE POSSUIRIA SE ESTIVESSE SUBMETIDO À PRESSÃO DO NÍVEL DO MAR (1ATM) E A 0°C DE TEMPERATURA. A QUANTIDADE NORMAL DE OZÔNIO ESTRATOSFÉRICO EM LATITUDES ONDE PREDOMINAM CLIMAS TEMPERADOS É DE CERCA DE 350UD. DEVIDO AOS VENTOS ESTRATOSFÉRICOS, O OZÔNIO É TRANSPORTADO DESDE AS REGIÕES TROPICAIS, ONDE A MAIORIA DELE É PRODUZIDA, ATÉ AS REGIÕES POLARES. ASSIM, QUANTO MAIS PERTO DO EQUADOR VOCÊ VIVE, MENOR É A QUANTIDADE TOTAL DE OZÔNIO A PROTEGÊ-LO DA LUZ ULTRAVIOLETA.

O BURACO DE OZÔNIO NA ANTÁRTIDA FOI DESCOBERTO PELO DR. JOE C. FARMAN E SEUS COLEGAS NA BRITISH ANTARCTIC SURVEY. ELES TÊM REGISTRADO OS NÍVEIS DE OZÔNIO SOBRE ESTA REGIÃO DESDE 1957. DURANTE ALGUNS ANOS APÓS ESTA DESCOBERTA, NÃO ESTAVA ESCLARECIDO SE O BURACO ERA DEVIDO A UM FENÔMENO NATURAL, ENVOLVENDO FORÇAS METEOROLÓGICAS OU SE ERA DEVIDO A UM MECANISMO QUÍMICO, ENVOLVENDO POLUENTES DO AR. DENTRO DESSA ÚLTIMA POSSIBILIDADE, O REAGENTE QUÍMICO SUSPEITO FOI O CLORO, PRODUZIDO PRINCIPALMENTE A PARTIR DE GASES QUE SÃO LANÇADOS AO AR EM GRANDES QUANTIDADES COMO RESULTADO DE SUA UTILIZAÇÃO, POR EXEMPLO, EM APARELHOS DE AR-CONDICIONADO.

REGIÕES DA ATMOSFERA

OS COMPONENTES PRINCIPAIS DA ATMOSFERA TERRESTRE SÃO NITROGÊNIO DIATÔMICO (N₂, CERCA DE 78% DAS MOLÉCULAS), OXIGÊNIO DIATÔMICO (O₂, CERCA DE 21%), ARGÔNIO (AR, CERCA DE 1%), E DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂, ATUALMENTE CERCA DE 0,04%).

MUITOS PROCESSOS QUÍMICOS IMPORTANTES OCORREM NO AR, SEJA ESTE PURO OU POLUÍDO. AS REAÇÕES OCORREM NAS SEGUINTE REGIÕES: **TROPOSFERA**, A REGIÃO DO CÉU QUE SE ESTENDE DESDE O NÍVEL DA SUPERFÍCIE TERRESTRE ATÉ CERCA DE 15 QUILOMETROS DE ALTITUDE, E QUE CONTÉM 85% DA MASSA DA ATMOSFERA. **ESTRATOSFERA**, A PARTE DA ATMOSFERA QUE ABRANGE APROXIMADAMENTE DOS 15 ATÉ 50 QUILOMETROS DE ALTURA E QUE SE ENCONTRA LOGO ACIMA DA TROPOSFERA.

AS REAÇÕES QUÍMICAS A SEREM CONSIDERADAS SÃO DE VITAL IMPORTÂNCIA PARA A CONTINUIDADE DA SAÚDE DA CAMADA DE OZÔNIO, QUE SE SITUA NA METADE INFERIOR DA ESTRATOSFERA.

A QUÍMICA DA DEPLEÇÃO DO OZÔNIO, COMO DE MUITOS OUTROS PROCESSOS DA ESTRATOSFERA, É CONTROLADA PELA ENERGIA ASSOCIADA COM A LUZ PROCEDENTE DO SOL.

UM OBJETO QUE NÓS PERCEBEMOS COMO DE COR PRETA ABSORVE LUZ DE TODOS OS COMPRIMENTOS DE ONDA DO ESPECTRO VISÍVEL, DESDE CERCA DE 400NM (LUZ VIOLETA) ATÉ CERCA DE 750NM (LUZ VERMELHA).

- 1NM (UM NANÔMETRO) É EQUIVALENTE A 10^{-9} METROS.

O OXIGÊNIO MOLECULAR DIATÔMICO, O_2 , NÃO ABSORVE LUZ VISÍVEL DE MODO SIGNIFICATIVO, MAS ABSORVE ALGUNS TIPOS DE LUZ ULTRAVIOLETA (UV), QUE É A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM COMPRIMENTO DE ONDA QUE VARIAM ENTRE 50NM E 400NM APROXIMADAMENTE. A REGIÃO ULTRAVIOLETA (UV) COMEÇA NA EXTREMIDADE VIOLETA DA REGIÃO VISÍVEL, POR ESTE MOTIVO SEU NOME ULTRAVIOLETA. NO OUTRO EXTREMO DO ESPECTRO, APÓS A PORÇÃO VERMELHA DA REGIÃO VISÍVEL, ENCONTRA-SE A LUZ INFRAVERMELHA (IR).

O GÁS O_2 SITUADO ACIMA DA ESTRATOSFERA FILTRA A MAIOR PARTE DA LUZ UV PROCEDENTE DA LUZ SOLAR, NA FAIXA COMPREENDIDA ENTRE 120 E 220NM; O RESTANTE DA LUZ NESSA REGIÃO É FILTRADO PELO O_2 NA ESTRATOSFERA. A LUZ ULTRAVIOLETA COM COMPRIMENTO DE ONDA MAIS CURTOS QUE 120NM É FILTRADA NA ESTRATOSFERA E ACIMA DELA PELO O_2 E POR OUTROS CONSTITUINTES DO AR, TAIS COMO N_2 . DESSA MANEIRA, A LUZ UV COM COMPRIMENTOS DE ONDA MAIS CURTOS QUE 220NM NÃO ATINGE A SUPERFÍCIE DA TERRA, O QUE PROTEGE NOSSOS OLHOS E NOSSA PELE. O O_2 FILTRA TAMBÉM, MAS NÃO TODA, LUZ UV NA FAIXA DE 220 E 240NM.

A LUZ UV SOLAR NA FAIXA DE 220-320NM É FILTRADA PRINCIPALMENTE PELAS MOLÉCULAS DE OZÔNIO, O_3 , AS QUAIS ESTÃO ESPALHADAS PELA ESTRATOSFERA MÉDIA E INFERIOR. O OZÔNIO FILTRA TODA A LUZ ULTRAVIOLETA PROCEDENTE DO SOL NA FAIXA DE 220-290NM, QUE SE SOBREPÕE À REGIÃO DE 200-280NM, CONHECIDA COMO UV-C. O OZÔNIO PODE ABSORVER APENAS UMA FRAÇÃO DA LUZ UV SOLAR NA FAIXA DE 290-320NM. A QUANTIDADE REMANESCENTE DE LUZ SOLAR NESTA FAIXA DE COMPRIMENTO DE ONDA, ENTRE 10 E 30%, CHEGA ATÉ A SUPERFÍCIE DA TERRA. O OZÔNIO NÃO É TOTALMENTE EFETIVO COMO

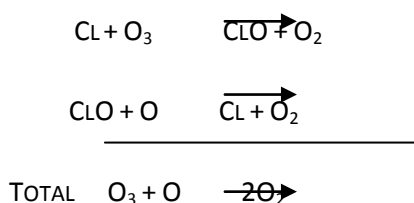
ESCUDO PARA A LUZ NA REGIÃO UV-B, DEFINIDA COMO AQUELA COMPREENDIDA ENTRE 280 E 320NM. A FRAÇÃO DE UV-B QUE ATINGE A TROPOSFERA AUMENTA COM O COMPRIMENTO DE ONDA. COMO NEM TODO OZÔNIO, NEM QUALQUER OUTRO CONSTITUINTE DA ATMOSFERA LIMPA, ABSORVEM SIGNIFICATIVAMENTE NA FAIXA DE UV-A, 320-400NM, A MAIOR PARTE DESSA RADIAÇÃO, O TIPO DE LUZ ULTRAVIOLETA MENOS PREJUDICIAL DO PONTO DE VISTA BIOLÓGICO, ATINGE A SUPERFÍCIE DA TERRA.

A REDUÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DO OZÔNIO ESTRATOSFÉRICO PERMITE QUE MAIS LUZ UV-B ALCANCE A SUPERFÍCIE DA TERRA. A EXPOSIÇÃO AOS RAIOS UV-B SOLARES PROVOCA BRONZEAMENTO E QUEIMADURAS NA PELE HUMANA; A SUPEREXPOSIÇÃO PODE LEVAR AO CÂNCER DE PELE, ASSIM COMO O SISTEMA IMUNOLÓGICO HUMANO E O CRESCIMENTO DE ALGUMAS PLANTAS E ANIMAIS. A MAIORIA DOS EFEITOS BIOLÓGICOS DA LUZ SOLAR SURGE PORQUE A LUZ UV-B PODE SER ABSORVIDA POR MOLÉCULAS DE DNA, QUE PODEM, ENTÃO, SOFRER REAÇÕES PREJUDICIAIS.

A GRANDE MAIORIA DOS CASOS DE CÂNCER DE PELE NÃO É DO TIPO MELANOMA MALIGNO (25% DE TAXA DE MORTALIDADE), MAS DE UM TIPO QUE SE ESPALHA LENTAMENTE, PODENDO SER TRATADO COM SUCESSO CONSIDERÁVEL, E QUE AFETA CERCA DE UM EM CADA QUATRO AMERICANOS EM ALGUM MOMENTO DE SUA VIDA. A TAXA DE CÂNCER DE PELE NA EUROPA É APROXIMADAMENTE A METADE DA REGISTRADA NOS ESTADOS UNIDOS.

A DECOMPOSIÇÃO NA ESTRATOSFERA DE GASES SINTÉTICOS QUE CONTÊM CLORO DURANTE AS ÚLTIMAS DÉCADAS TEM GERADO UMA QUANTIDADE SUBSTANCIAL DE CLORO ATÔMICO, CL, NESSA REGIÃO. À MEDIDA QUE AUMENTA A CONCENTRAÇÃO DE CLORO ESTRATOSFÉRICO, AUMENTA TAMBÉM O POTENCIAL PARA A DESTRUIÇÃO DO OZÔNIO, JÁ QUE CL É UM CATALISADOR EFICIENTE. SEMPRE EXISTIRAM PEQUENAS QUANTIDADES DE CLORO NA ESTRATOSFERA COMO RESULTADO DA LENTA MIGRAÇÃO ASCENDENTE DO GÁS CLORETO DE METILA, CH₃CL (CLOROMETANO), PRODUZIDO NA SUPERFÍCIE DA TERRA, PRINCIPALMENTE NOS OCEANOS, COMO CONSEQUÊNCIA DA INTERAÇÃO DO ÍON CLORETO COM A VEGETAÇÃO EM DECOMPOSIÇÃO.

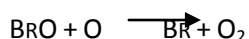
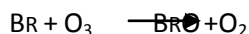
OS ÁTOMOS DE CLORO SÃO CATALISADORES EFICIENTES PARA A DESTRUIÇÃO DO OZÔNIO MEDIANTE O MECANISMO:



CADA ÁTOMO DE CLORO PODE DESTRUIR CATALITICAMENTE MILHARES DE MOLÉCULAS DE OZÔNIO.

GRANDES QUANTIDADES DE BROMETO DE METILA TAMBÉM SÃO PRODUZIDAS NA NATUREZA, E CERTA QUANTIDADE FINALMENTE CHEGA À ESTRATOSFERA ONDE É FOTOQUIMICAMENTE DECOMPOSTA, PRODUZINDO BROMO ATÔMICO.

DO MESMO MODO QUE O CLORO, OS ÁTOMOS DE BROMO TAMBÉM PODEM DESTRUIR O OZÔNIO ATRAVÉS DO MECANISMO:



O RECENTE AUMENTO DO CLORO ESTRATOSFÉRICO É DEVIDO PRINCIPALMENTE AO USO E À EMISSÃO DE CLOROFUORCARBONETOS, COMPOSTOS QUE CONTEM FLÚOR, CLORO E CARBONO E QUE SÃO CHAMADOS DE CFCs. NA DÉCADA DE 80, CERCA DE 1 MILHÃO DE TONELADAS DE CFCs FORAM EMITIDOS POR ANO NA ATMOSFERA. ESSES COMPOSTOS SÃO ATÓXICOS, NÃO INFLAMÁVEIS, NÃO REATIVOS E POSSUEM PROPRIEDADES ÚTEIS DE CONDENSAÇÃO.

O CFC-12, QUE É CF_2Cl_2 PURO, É GASOSO À TEMPERATURA AMBIENTE MAS É FACILMENTE LIQUEFEITO SOB PRESSÃO. A PARTIR DE 1930, FOI USADO COMO FLUIDO CIRCULANTE EM REFRIGERADORES, SUBSTITUINDO OS GASES TÓXICOS AMÔNIA E DIÓXIDO DE ENXOFRE. ATÉ RECENTEMENTE ERA USADO EM APARELHOS DE AR CONDICIONADO PARA AUTOMÓVEIS, FONTE DE EMISSÃO DE UMA GRANDE QUANTIDADE (CERCA DE 0,5KG POR ANO, POR VEÍCULO) PARA A ATMOSFERA DURANTE SEU USO E MANUTENÇÃO.

O COMPOSTO CFCl_3 , CHAMADO CFC-11, É UM LÍQUIDO QUE FERVE PRÓXIMO À TEMPERATURA AMBIENTE. O CFC-11 FOI USADO PARA GERAR OS VAZIOS EM ESPUMAS MOLES, TAIS COMO ALMOFADAS, BASES PARA CARPETES, TRAVESSEIROS E ESTOFAMENTOS PARA BANCOS DE AUTOMÓVEIS. TAMBÉM FOI EMPREGADO PARA FAZER PRODUTOS RÍGIDOS DE ESPUMA DE URETANO, USADOS COMO ISOLANTES EM REFRIGERADORES, CONGELADORES E EDIFÍCIOS.

AMBOS, CFC-11 E CFC-12, FORAM EXTENSIVAMENTE EMPREGADOS COMO PROPELENTES EM EMBALAGENS PULVERIZADORAS DE AEROSSÓIS. DEVIDO A SEU EFEITO SOBRE A CAMADA DE OZÔNIO, ESSE USO FOI PRATICAMENTE ELIMINADO AO FINAL DOS ANOS 70 NOS ESTADOS UNIDOS, NO CANADÁ, NA NORUEGA E NA SUÉCIA. A UTILIZAÇÃO DE CFCs EM EMBALAGENS SPRAY CONTINUOU EM OUTRAS PARTES DO MUNDO. AO FINAL DA DÉCADA DE 80, ESSE USO CONSTITUIU CERCA DE UM QUINTO DO CONSUMO MUNDIAL DE CFCs, SENDO A MAIOR FONTE DE INDIVIDUAL DE CFCs EMITIDOS NA ATMOSFERA. GASES COMO O BUTANO, COM FREQUÊNCIA COMBINADOS COM AGENTE SUPRESSOR DE CHAMA, TÊM ATUALMENTE SUBSTITUÍDO OS CFCs NAS EMBALAGENS AEROSSÓIS.

OS SUBSTITUTOS TEMPORÁRIOS DOS CFCs QUE FORAM USADOS NA DÉCADA DE 90, E ESPERA-SE QUE SEJAM USADOS NOS PRIMEIROS ANOS DO SÉCULO 21, CONTÊM HIDROGÊNIO, CLORO, FLÚOR E CARBONO, SENDO CHAMADOS DE HCFCs, HIDROCLOROFUOROCARBONETOS. UM HCFC DE GRANDE USO ATUALMENTE É O CHF_2Cl , O GÁS CHAMADO HCFC-22, É USADO NA MAIORIA DOS CONDICIONADORES DE AR DOMÉSTICO E EM ALGUMAS GELADEIRAS E CONGELADORES, E TEM ENCONTRADO ALGUM USO EM SUBSTITUIÇÃO AO CFC-11. VISTO QUE CONTÉM UM ÁTOMO DE HIDROGÊNIO, SENDO POR ISSO REMOVIDO DO AR ANTES QUE POSSA ATINGIR A ESTRATOSFERA, SEU POTENCIAL REDUTOR DE OZÔNIO A LONGO PRAZO É PEQUENO, APENAS 5% DO POTENCIAL DO CFC-11

A QUÍMICA E A POLUIÇÃO DO AR NA TROPOSFERA

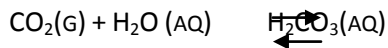
O EXEMPLO MAIS CONHECIDO DE POLUIÇÃO DO AR É O *SMOG*, QUE OCORRE EM MUITAS CIDADES DO MUNDO. OS REAGENTES QUE PRODUZEM O TIPO MAIS COMUM DE *SMOG* SÃO PRINCIPALMENTE AS EMISSÕES PROVENIENTES DE AUTOMÓVEIS, EMBORA NAS ÁREAS RURAIS ALGUNS DOS INGREDIENTES ORIGINEM-SE DE EMISSÕES PROVENIENTES DAS FLORESTAS. OS PRODUTOS INTERMEDIÁRIOS E FINAIS DAS REAÇÕES QUE OCORREM NO *SMOG* AFETAM A SAÚDE HUMANA DE MANEIRA SÉRIA E PODEM CAUSAR DANOS ÀS PLANTAS, AOS ANIMAIS E A ALGUNS MATERIAIS.

A PALAVRA *SMOG* É UMA COMBINAÇÃO DE SMOKE E FOG. O PROCESSO DO *SMOG* ABRANGE CENTENAS DE REAÇÕES DIFERENTES, ENVOLVENDO UM NÚMERO INDETERMINADO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS, QUE OCORREM SIMULTANEAMENTE, AS ATMOSFERAS URBANAS TÊM SIDO DEFINIDAS COMO “READORES QUÍMICOS GIGANTESCOS”.

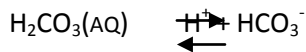
OS REAGENTES ORIGINAIS MAIS IMPORTANTES NAS OCORRÊNCIAS DE *SMOG* FOTOQUÍMICO SÃO O ÓXIDO NÍTRICO, NO , E OS HIDROCARBONETOS, QUE SÃO POLUENTES EMITIDOS NO AR, PROVENIENTES DA QUEIMA INCOMPLETA DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA E DE OUTRAS FONTES. FOI CONSTATADO QUE OS HIDROCARBONETOS GASOSOS TAMBÉM ESTÃO PRESENTES NO AR URBANO COMO RESULTADO DA EVAPORAÇÃO DE SOLVENTES, COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS E OUTROS COMPOSTOS ORGÂNICOS. ESSES HIDROCARBONETOS SE VAPORIZAM FACILMENTE NOS CHAMADOS COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS, OU COVs. UM OUTRO INGREDIENTE VITAL NO *SMOG* FOTOQUÍMICO É A LUZ SOLAR, QUE AUMENTA AS CONCENTRAÇÕES DOS RADICAIS LIVRES QUE PARTICIPAM DO PROCESSO QUÍMICO DA FORMAÇÃO DO *SMOG*. OS PRODUTOS FINAIS DO *SMOG* SÃO OZÔNIO, ÁCIDO NÍTRICO E COMPOSTOS ORGÂNICOS PARCIALMENTE OXIDADOS.

OUTRO PROBLEMA AMBIENTAL GRAVE, QUE MUITAS REGIÕES DO MUNDO VÊM ENFRENTANDO ATUALMENTE É A CHUVA ÁCIDA, QUE SE REFERE À PRECIPITAÇÃO MAIS ÁCIDA QUE A CHUVA “NATURAL” (NÃO

POLUÍDA), LIGEIRAMENTE ÁCIDA DEVIDO À PRESENÇA DE DIÓXIDO DE CARBONO ATMOSFÉRICO DISSOLVIDO, QUE FORMA ÁCIDO CARBÔNICO.



EM SEGUIDA O H_2CO_3 IONIZA-SE PARCIALMENTE LIBERANDO UM ÍON HIDROGÊNIO COM A RESULTANTE REDUÇÃO NO PH DO SISTEMA:



DEVIDO A ESSA FONTE DE ACIDEZ, O PH DA CHUVA “NATURAL” É DE CERCA DE 5,6. APENAS A CHUVA QUE É MAIS ÁCIDA QUE ISSO, COM UM PH MENOR QUE 5 É CONSIDERADA ÁCIDA. ÁCIDOS FORTES, COMO O HCL, LIBERADOS POR ERUPÇÕES VULCÂNICAS PODEM PRODUZIR TEMPORARIAMENTE CHUVA ÁCIDA “NATURAL” EM REGIÕES COMO O ALASCA E A NOVA ZELÂNDIA.

OS DOIS ÁCIDOS PREDOMINANTES NA CHUVA ÁCIDA SÃO O ÁCIDO SULFÚRICO, H_2SO_4 , E O ÁCIDO NÍTRICO, HNO_3 , AMBOS MUITOS SOLÚVEIS EM ÁGUA E ÁCIDOS FORTES. TODA A ACIDEZ DA CHUVA ÁCIDA PODE SER ATRIBUÍDA À PRESENÇA DESSES DOIS ÁCIDOS. A CHUVA ÁCIDA É UM PROBLEMA DE POLUIÇÃO QUE NÃO RESPEITA ESTADOS NEM FRONTEIRAS NACIONAIS EM RAZÃO DO DESLOCAMENTO DE LONGA DISTÂNCIA QUE SOFREM COM FREQUÊNCIA OS POLUENTES ATMOSFÉRICO. POR EXEMPLO, A MAIOR PARTE DA CHUVA ÁCIDA QUE CAI SOBRE A NORUEGA, A SUÉCIA E A HOLANDA É ORIGINADA DOS ÓXIDOS DE ENXOFRE E NITROGÊNIO EMITIDOS EM OUTROS PAÍSES EUROPEUS.

A MAIOR PARTE DO SO_2 É PRODUZIDA POR VULCÕES E PELA OXIDAÇÃO DE GASES SULFURADOS PRODUZIDOS PELA DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS. A PRINCIPAL FONTE ANTRÓPICA DE SO_2 É A COMBUSTÃO DE CARVÃO, UM SÓLIDO QUE, DEPENDENDO DA ÁREA GEOGRÁFICA DE ONDE É EXTRAÍDO, CONTÉM DE 1 A 9% DE ENXOFRE. EM MUITOS PAÍSES, O PRINCIPAL EMPREGO DO CARVÃO É NA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE.

A INDÚSTRIA DO PETRÓLEO EMITE DIÓXIDO DE ENXOFRE NO AR DIRETAMENTE COMO SO_2 OU INDIRETAMENTE COMO H_2S QUANDO O PETRÓLEO É REFINADO E O GÁS NATURAL PURIFICADO. É MUITO IMPORTANTE REMOVER SULFETO DE HIDROGÊNIO DOS GASES ANTES DE SUA DISPERSÃO NO AR, POIS TRATA-SE DE UMA SUBSTÂNCIA ALTAMENTE VENENOSA, MAIS DO QUE O PRÓPRIO DIÓXIDO DE ENXOFRE. O SULFETO DE HIDROGÊNIO É TAMBÉM UM POLUENTE COMUM NAS EMISSÕES DA INDÚSTRIA DE POLPA CELULÓSICA E PAPEL.

A ACIDIFICAÇÃO REDUZ A CAPACIDADE DE CRESCIMENTO DE ALGUMAS PLANTAS, INCLUSIVE AQUELAS QUE VIVEM EM ÁGUA DOCE. A ACIDEZ DAS PRECIPITAÇÕES LEVA À DETERIORAÇÃO DO SOLO. QUANDO O PH DO SOLO É REDUZIDO, OS NUTRIENTES DAS PLANTAS, TAIS COMO CÁTIOS POTÁSSIO, CÁLCIO E MAGNÉSIO, SÃO LIXIVIADOS. OS LAGOS ACIDIFICADOS CARACTERIZAM-SE POR ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO DISSOLVIDO, Al^{3+} , QUE É LIXIVIADO DE ROCHAS PELOS ÍONS HIDROGÊNIO (H^+); SOB CONDIÇÕES DE PH NEUTRO,

O ALUMÍNIO PERMANECE IMOBILIZADO NA ROCHA EM VIRTUDE DE SUA BAIXA SOLUBILIDADE. OS CIENTISTAS ACREDITAM QUE TANTO A ACIDEZ COMO AS ALTAS CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO SÃO RESPONSÁVEIS PELA DEVASTAÇÃO E REDUÇÃO NAS POPULAÇÕES DE PEIXES OBSERVADAS EM MUITOS SISTEMAS DE ÁGUAS ACIDIFICADAS.

O EFEITO ESTUFA E O AQUECIMENTO GLOBAL

O TERMO “EFEITO ESTUFA”, DE USO COMUM, SIGNIFICA QUE A TEMPERATURA MÉDIA GLOBAL DO AR AUMENTARÁ DE VÁRIOS GRAUS COMO RESULTADOS DO AUMENTO NA QUANTIDADE DE GÁS CARBÔNICO E DE OUTROS GASES NA ATMOSFERA. O RÁPIDO FENÔMENO DE AQUECIMENTO GLOBAL É CONSIDERADO UM DOS NOSSOS MAIORES PROBLEMAS AMBIENTAIS EM NÍVEL MUNDIAL.

A SUPERFÍCIE E A ATMOSFERA DA TERRA SÃO MANTIDAS AQUECIDAS PRINCIPALMENTE PELA ENERGIA PROVENIENTE DO SOL. A TERRA EMITE ENERGIA; DE FATO, A QUANTIDADE DE ENERGIA QUE O PLANETA ABSORVE E AQUELA LIBERADA DEVEM SER IGUAIS PARA QUE A TEMPERATURA SE MANTENHA CONSTANTE. A ENERGIA EMITIDA NÃO SE SITUA NA REGIÃO DO VISÍVEL, MAS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO. ALGUNS GASES PRESENTES NO AR PODEM ABSORVER TEMPORARIAMENTE LUZ INFRAVERMELHA TÉRMICA DE COMPRIMENTOS DE ONDA ESPECÍFICOS, SENDO ASSIM, NEM TODO IR EMITIDO PELA SUPERFÍCIE DA TERRA E PELA ATMOSFERA ESCAPA DIRETAMENTE PARA O ESPAÇO. LOGO APÓS SUA ABSORÇÃO PELAS MOLÉCULAS PRESENTES NO AR, COMO O CO_2 , A LUZ INFRAVERMELHA É REEMITIDA EM TODAS AS DIREÇÕES, DE MODO COMPLETAMENTE ALEATÓRIO. DESTA MODO, UMA PARTE DO IR TÉRMICO É DIRECIONADA DE VOLTA EM DIREÇÃO À SUPERFÍCIE, SENDO REABSORVIDA, E CONSEQUENTEMENTE PROVOCANDO O AQUECIMENTO ADICIONAL TANTO DA SUPERFÍCIE COMO DO AR. ESSE FENÔMENO, O REDIRECIONAMENTO OU DESVIO DO IR TÉRMICO EM DIREÇÃO A TERRA, É CHAMADO DE **EFEITO ESTUFA**.

GRANDE PARTE DO AUMENTO CONSIDERÁVEL NAS CONTRIBUIÇÕES ANTROPOGÊNICAS NA CONCENTRAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO NO AR DEVE-SE À QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, PRINCIPALMENTE CARVÃO, PETRÓLEO E GÁS NATURAL, OS QUAIS SE FORMARAM ERAS ATRÁS, QUANDO A MATÉRIA DERIVADA DE PLANTAS E ANIMAIS FOI COBERTA POR DEPÓSITOS GEOLÓGICOS ANTES QUE PUDESSE SER INTEGRALMENTE DECOMPOSTA PELA OXIDAÇÃO DO AR. EM MÉDIA, CADA PESSOA, NOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS, É RESPONSÁVEL PELA LIBERAÇÃO DE CERCA DE 5 TONELADAS DE CO_2 DE COMBUSTÍVEIS CONTENDO CARBONO A CADA ANO. UMA QUANTIDADE SIGNIFICATIVA DE DIÓXIDO DE CARBONO É ADICIONADA À ATMOSFERA QUANDO AS FLORESTAS SÃO DEVASTADAS E A MADEIRA É QUEIMADA PARA PREPARAR A TERRA PARA USO AGRÍCOLA. A MAIOR QUANTIDADE PONTUAL DE DESFLORESTAMENTO ATUAL OCORRE NO BRASIL, E ENVOLVE TANTO FLORESTA TROPICAL COMO A FLORESTA DECÍDUA; NO ENTANTO, A TAXA ANUAL DE DESFLORESTAMENTO EM BASE

PERCENTUAL É ATUALMENTE MAIOR NA ÁSIA (1,6%) E NA AMÉRICA CENTRAL (1,5%) DO QUE NA AMÉRICA DO SUL (0,6%). O DESFLORESTAMENTO CONTRIBUI COM CERCA DE UM QUARTO DAS EMISSÕES ANUAIS DE CO₂ DE ORIGEM ANTROPOGÊNICA. OS OUTROS TRÊS QUARTOS ORIGINAM-SE PRINCIPALMENTE DA COMBUSTÃO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS.

DEPOIS DO DIÓXIDO DE CARBONO E DA ÁGUA, O METANO, CH₄, É O GÁS INDUTOR DO EFEITO ESTUFA DE MAIOR IMPORTÂNCIA. PRESUME-SE QUE O AUMENTO DO NÍVEL DE CH₄ ATMOSFÉRICO SEJA CONSEQUÊNCIA DE ATIVIDADES HUMANAS, COMO O AUMENTO DA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS, O USO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E O DESFLORESTAMENTO. CERCA DE 70% DAS EMISSÕES ATUAIS DE METANO SÃO DE ORIGEM ANTROPOGÊNICA. ELE É PRODUZIDO POR VIA BIOLÓGICA PELA DECOMPOSIÇÃO ANAERÓBICA DE MATÉRIA DE ORIGEM VEGETAL. TAL PROCESSO SE DÁ EM GRANDE ESCALA ONDE OCORRE A DECOMPOSIÇÃO DE PLANTAS SUBMERSAS EM ÁGUA, COMO POR EXEMPLO EM PÂNTANOS E BREJOS E TERRENOS ÚMIDOS DE CULTIVO DE ARROZ. TERRAS ALAGADAS SÃO A MAIOR FONTE NATURAL DAS EMISSÕES DE METANO. ANIMAIS RUMINANTES, COMO GADO BOVINO, OVELHAS E CERTOS ANIMAIS SELVAGENS, TAMBÉM PRODUZEM GRANDES QUANTIDADES DE METANO COMO SUBPRODUTO EM SEUS ESTÔMAGOS QUANDO DIGEREM A CELULOSE DA QUAL SE ALIMENTAM.

OUTRO GÁS ESTUFA IMPORTANTE É O ÓXIDO NITROSO, N₂O. GRANDE PARTE DOS SUPRIMENTOS NATURAIS DO ÓXIDO NITROSO GASOSO É LIBERADA PELOS OCEANOS E A MAIORIA DO RESTANTE É RESULTADO DA CONTRIBUIÇÃO POR PROCESSOS QUE OCORREM NOS SOLOS NAS REGIÕES TROPICAIS. O GÁS É UM SUBPRODUTO DO PROCESSO DE DESNITRIFICAÇÃO BIOLÓGICA EM AMBIENTES AERÓBIOS E DO PROCESSO DE NITRIFICAÇÃO BIOLÓGICA EM AMBIENTES ANAERÓBIOS. O AUMENTO NO USO DE FERTILIZANTES COM PROPÓSITOS AGRÍCOLAS CONTRIBUI COM A MAIORIA DAS EMISSÕES ANTROPOGÊNICAS DE ÓXIDO NITROSO. NÃO EXISTEM SUMIDOUROS PARA O ÓXIDO NITROSO NA TROPOSFERA. ASSIM, TODO ELE SOBE PARA A ESTRATOSFERA, ONDE CADA MOLÉCULA ABSORVE LUZ UV E SE DECOMPÕE, USUALMENTE EM N₂ E OXIGÊNIO ATÔMICO, OU REAGE COM O OXIGÊNIO ATÔMICO.

O USO DA ENERGIA, AS EMISSÕES DE CO₂ E SUAS CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS

DE ACORDO COM AS PROJEÇÕES FEITAS POR COMPUTADOR REALIZADAS PELO INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), UM GRUPO FINANCIADO PELO UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PLAN, SE NENHUMA MEDIDA ADICIONAL FOR TOMADA PARA REDUZIR AS EMISSÕES DE CO₂ E DE OUTROS GASES PROBLEMÁTICOS, PRÓXIMO DE 2035 A TEMPERATURA MÉDIA DO AR GLOBAL SERÁ DE 1°C MAIS ALTA DO QUE EM 1990. JÁ NO ANO 2100 ELA AUMENTARÁ MAIS 2°C. ESSE AUMENTO DE 3°C PARECE PEQUENO, MAS NOSSA TEMPERATURA MÉDIA DO AR ATUALMENTE É QUASE 6°C MAIS QUENTE QUE NOS PERÍODOS MAIS FRIOS DAS

ERAS GLACIAIS. AS PRECIPITAÇÕES MÉDIAS GLOBAIS AUMENTAM DE APROXIMADAMENTE 2% PARA CADA AUMENTO DE 1°C NA TEMPERATURA.

A PRINCIPAL RESERVA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS É O CARVÃO, QUE ESTÁ DISPONÍVEL EM ABUNDÂNCIA EM MUITAS REGIÕES DO MUNDO, SENDO QUE SUA EXTRAÇÃO E TRANSPORTE SÃO DE BAIXO CUSTO. O CARVÃO INCORPOROU DURANTE SUA FORMAÇÃO, QUANTIDADES APRECIÁVEIS DE VÁRIOS ELEMENTOS DE OCORRÊNCIA NATURAL, DE MODO QUE, QUANDO ELE É QUEIMADO, EMITE NÃO APENAS CO₂ E H₂O, MAS TAMBÉM QUANTIDADES SUBSTANCIAIS DE MUITOS POLUENTES DO AR, NOTADAMENTE DIÓXIDO DE ENXOFRE, FLUORETO DE HIDROGÊNIO, URÂNIO E OUTROS METAIS RADIOATIVOS, ALÉM DE METAIS PESADOS. A QUEIMA DO CARVÃO É USADA NA MAIORIA DOS PAÍSES DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA; O CALOR DERIVADO DA COMBUSTÃO É USADO PARA GERAR VAPOR, O QUE POR SUA VEZ, ACIONA O FUNCIONAMENTO DE TURBINAS.

O PETRÓLEO E O GÁS NATURAL SÃO ESSENCIALMENTE HIDROCARBONETOS, ORIGINADOS TAMBÉM DE UMA PEQUENA FRAÇÃO DA MATÉRIA VEGETAL PRODUZIDA POR FOTOSSÍNTESE QUE FOI ENTERRADA, EM VEZ DE OXIDADA, EM ÉPOCAS REMOTAS. O ENXOFRE TAMBÉM É UMA IMPUREZA IMPORTANTE NESTES COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS. OS COMPOSTOS DE ENXOFRE PODEM SER REMOVIDOS DE MANEIRA RELATIVAMENTE FÁCIL TANTO DO GÁS COMO DO PETRÓLEO, O QUE TORNA ESSES COMBUSTÍVEIS MAIS LIMPOS QUE O CARVÃO. O PRINCIPAL PROBLEMA DO USO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS NO SÉCULO 21 DIZ RESPEITO ÀS EMISSÕES DE CO₂ RESULTANTES DE SUA COMBUSTÃO, E NÃO A UMA ESCASSEZ DE FORNECIMENTO. A TAXA DE EMISSÃO DE CO₂ SOBE EM RELAÇÃO DIRETA COM O CRESCIMENTO DO USO DA ENERGIA COMERCIAL. AS CONCENTRAÇÕES DE CO₂ ALCANÇAM 900, 680 E 470PPM PARA OS CENÁRIOS DE EMISSÃO ALTO, MÉDIO E BAIXO, RESPECTIVAMENTE, ATÉ O ANO 2100, COMPARADOS AOS VALORES INFERIORES A 400PPM DO ANO 2000.

O DIÓXIDO DE CARBONO PODE SER REMOVIDO DA ATMOSFERA POR MEIO DO CRESCIMENTO DE PLANTAS ESPECIALMENTE SELECIONADAS PARA ESSA FINALIDADE. ALGUMAS COMPANHIAS FORNECEDORAS DE ENERGIA E ALGUNS PAÍSES PROPUSERAM A ELIMINAÇÃO DE PARTE DE SUAS EMISSÕES DE CO₂ PELA PLANTAÇÃO DE FLORESTAS, AS QUAIS ABSORVERIAM E ISOLARIAM TEMPORARIAMENTE O DIÓXIDO DE CARBONO.

A LUZ SOLAR É UMA **ENERGIA RENOVÁVEL**, NO SENTIDO QUE É INESGOTÁVEL, E SUA COLETA E SEU USO NÃO RESULTAM NA EMISSÃO DIRETA DE GASES INDUTORES DO EFEITO ESTUFA OU DE OUTROS POLUENTES. SÃO APROVEITADAS QUANTIDADES CONSIDERÁVEIS DE ENERGIA SOLAR NA FORMA DE ENERGIA HIDRELÉTRICA. SE TODOS OS LOCAIS FOSSEM EXPLORADOS, A QUANTIDADE TOTAL DE ENERGIA OBTIDA DE FONTES HIDRELÉTRICAS SERIA DE APROXIMADAMENTE DE 0,1Q POR ANO; O CONSUMO ATUAL É DE 20% DESTA VALOR. UMA QUANTIDADE AINDA MAIOR DE ENERGIA SOLAR, CERCA DE 0,5Q, ENCONTRA-SE DISPONÍVEL NA FORMA DE ENERGIA EÓLICA, EMBORA APENAS 0,05% DESTA CAPACIDADE SEJA APROVEITADA ATÉ O MOMENTO.

A BIOMASSA PRODUZIDA PELA AÇÃO DA FOTOSÍNTESE TAMBÉM CONSTITUI UMA FORMA DE ENERGIA SOLAR. A QUANTIDADE DE ENERGIA DISPONÍVEL A PARTIR DESTA FONTE É DE 3Q, EMBORA UMA DIMINUTA FRAÇÃO DELA SEJA ATUALMENTE USADA COMO COMBUSTÍVEL.

GRANDE PARTE DOS PROBLEMAS DE POLUIÇÃO DO AR NAS CIDADES ORIGINA-SE DAS EMISSÕES DOS MOTORES MOVIDOS À GASOLINA, E DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS. QUANDO SÃO QUEIMADOS PRODUZEM GRANDES QUANTIDADES DE GASES INDUTORES DO EFEITO ESTUFA. POR ESSAS RAZÕES, A ATENÇÃO ESTÁ SE VOLTANDO PARA O DESENVOLVIMENTO DE FONTES ALTERNATIVAS DE COMBUSTÍVEIS DE COMBUSTÃO MAIS LIMPA.

O COMBUSTÍVEL CHAMADO DE GÁS NATURAL É EMPREGADO EXTENSIVAMENTE. ELE É CONSTITUÍDO DE METANO, MAS CONTÉM PEQUENAS QUANTIDADES DE ETANO E PROPANO. O GÁS É TRANSPORTADO POR TUBULAÇÕES DE SUA FONTE PARA OS CONSUMIDORES DOMÉSTICOS, E PARA ALGUMAS USINAS QUE EMPREGAM SUA QUEIMA NO LUGAR DO CARVÃO OU PETRÓLEO EM PLANTAS GERADORAS DE ENERGIA.

OS ÁLCOOIS TÊM VANTAGEM SOBRE O HIDROGÊNIO E O GÁS NATURAL POR SEREM LÍQUIDOS A TEMPERATURAS E PRESSÕES NORMAIS E, CONSEQUENTEMENTE, SÃO COMBUSTÍVEIS “DENSOS EM ENERGIA”. O ETANOL PARA COMBUSTÍVEL É PRODUZIDO A PARTIR DE MATÉRIA VEGETAL. NO BRASIL É OBTIDO DA CANA-DE-AÇÚCAR E NOS ESTADOS UNIDOS E CANADÁ, DE GRÃOS DE CEREAIS, COMO MILHO. NO BRASIL, QUANTIDADES MACIÇAS DE ETANOL, CERCA DE 15 BILHÕES DE LITROS POR ANO SÃO PRODUZIDAS A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR PARA USO EM VEÍCULOS. A PRINCIPAL DESVANTAGEM DOS ÁLCOOIS HOJE É SEU ALTO CUSTO DE PRODUÇÃO.

O HIDROGÊNIO GASOSO PODE SER USADO COMO COMBUSTÍVEL DO MESMO MODO QUE COMPOSTOS CARBÔNICOS. O GÁS HIDROGÊNIO PODE COMBINAR-SE COM OXIGÊNIO PARA PRODUZIR CALOR POR COMBUSTÃO EM CHAMA CONVENCIONAL, OU VIA COMBUSTÃO À BAIXA TEMPERATURA EM AQUECEDORES CATALÍTICOS. AS PRINCIPAIS VANTAGENS DO USO DO HIDROGÊNIO COMO COMBUSTÍVEL SÃO SUA BAIXA MASSA POR UNIDADE DE ENERGIA PRODUZIDA E A MENOR QUANTIDADE DE GASES POLUENTES PRODUZIDOS DURANTE SUA COMBUSTÃO, EM COMPARAÇÃO A OUTROS COMBUSTÍVEIS.

A ENERGIA TAMBÉM PODE SER PRODUZIDA INDIRETAMENTE QUANDO CERTOS PROCESSOS ENVOLVENDO NÚCLEOS ATÔMICOS OCORREM; ESTA FONTE DE ENERGIA É CHAMADA DE **ENERGIA NUCLEAR**. EXISTEM DOIS PROCESSOS PELOS QUAIS SE OBTÉM ENERGIA DE UM NÚCLEO ATÔMICO: FISSÃO E FUSÃO. NA **FISSÃO**, A COLISÃO DE CERTOS TIPOS DE NÚCLEOS PESADOS COM UM NÊUTRON RESULTA NA CISÃO DO NÚCLEO EM DOIS FRAGMENTOS DE TAMANHO SIMILAR. OS FRAGMENTOS SEPARADOS SÃO ENERGETICAMENTE MAIS ESTÁVEIS QUE O NÚCLEO PESADO ORIGINAL, É LIBERADA ENERGIA NESSE PROCESSO. A COMBINAÇÃO DE DOIS NÚCLEOS MUITO LEVES PARA FORMAR UM NÚCLEO COMBINADO É CHAMADA DE **FUSÃO** E TAMBÉM RESULTA NA LIBERAÇÃO DE ENORMES QUANTIDADES DE ENERGIA, NOVAMENTE ISTO PORQUE O NÚCLEO FORMADO É MAIS

ESTÁVEL QUE OS NÚCLEOS MAIS LEVES ORIGINAIS. AS FORÇAS NUCLEARES SÃO MUITO MAIORES QUE AS ENVOLVIDAS NAS LIGAÇÕES QUÍMICAS, A ENERGIA LIBERADA POR ÁTOMO NAS REAÇÕES NUCLEARES É IMENSA EM COMPARAÇÃO À OBTIDA DAS REAÇÕES DE COMBUSTÃO.

PRODUTOS ORGÂNICOS TÓXICOS

OS PESTICIDAS SÃO SUBSTÂNCIAS QUE PODEM MATAR DIRETAMENTE UM ORGANISMO INDESEJÁVEL OU CONTROLÁ-LO DE ALGUMA MANEIRA. TODOS OS PESTICIDAS QUÍMICOS TÊM A PROPRIEDADE COMUM DE BLOQUEAR UM PROCESSO METABÓLICO VITAL DOS ORGANISMOS PARA OS QUAIS SÃO TÓXICOS.

O USO DE VÁRIOS INSETICIDAS VEM REDUZINDO ENORMEMENTE A INCIDÊNCIA DE DOENÇAS TRANSMITIDAS POR INSETOS E PELOS ROEDORES QUE OS TRANSPORTAM: MALÁRIA, FEBRE AMARELA, PESTE BUBÔNICA, ETC. OUTRA RAZÃO É IMPEDIR QUE OS INSETOS ATAQUEM LAVOURAS DE ALIMENTOS.

O USO MAIS ANTIGO DE PESTICIDAS DE QUE SE TEM REGISTRO É A QUEIMA DE ENXOFRE PARA FUMIGAR OS LARES GREGOS CERCA DO ANO 1000 A.C. O GÁS CIANETO DE HIDROGÊNIO TAMBÉM TEM SIDO USADO COMO SUBSTÂNCIA PARA FUMIGAÇÃO. SEU EMPREGO PARA EVITAR DANOS A PEÇAS EXPOSTAS EM MUSEUS FOI REGISTRADO EM 1877, E, ALGUNS ANOS DEPOIS, FOI UTILIZADO PARA CONTROLAR INSETOS EM ÁRVORES FRUTÍFERAS. TANTO O FLUORETO DE SÓDIO QUANTO O ÁCIDO BÓRICO FORAM USADOS PARA ELIMINAR BARATAS EM EDIFÍCIOS INFESTADOS.

OS PESTICIDAS INORGÂNICOS E ORGANOMETÁLICOS SÃO GERALMENTE BASTANTE TÓXICOS PARA OS SERES HUMANOS E OUTROS MAMÍFEROS, ESPECIALMENTE NOS NÍVEIS DE DOSAGEM REQUERIDOS PARA TORNÁ-LOS PESTICIDAS EFETIVOS.

DURANTE E APÓS A SEGUNDA GUERRA MUNDIAL, FORAM DESENVOLVIDOS MUITOS INSETICIDAS ORGÂNICOS. AS SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS SÃO GERALMENTE MUITO MENOS TÓXICAS PARA OS SERES HUMANOS QUE OS PESTICIDAS INORGÂNICOS.

NOS ANOS 1940 E 50, AS INDÚSTRIAS QUÍMICAS DA AMÉRICA DO NORTE E DA EUROPA OCIDENTAL PRODUZIRAM OS PESTICIDAS ORGANOCORADOS. COMO EXEMPLO, CONSIDERE O COMPOSTO HEXACLOROBENZENO (HCB), C_6Cl_6 , USADO COMO FUNGICIDA DE USO AGRÍCOLA NAS COLHEITAS DE CEREAIS, PERMANECE COMO UM AGENTE CAUSADOR DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL AMPLAMENTE DIFUNDIDA. O DDT, OU *PARA-DICLORODIFENILTRICLOROETANO*, FOI MUITO EFETIVO CONTRA MOSQUITOS TRANSMISSORES DA MALÁRIA E FEBRE AMARELA, CONTRA OS PIOLHOS QUE PODEM TRANSMITIR O TIPO E CONTRA AS PRAGAS DE PULGAS. INFELIZMENTE O DDT FOI USADO EM EXCESSO, PARTICULARMENTE NA AGRICULTURA, NA QUAL CONSUMIAM-SE 80% DE SUA PRODUÇÃO. COMO RESULTADO, SUA CONCENTRAÇÃO AMBIENTAL ELEVOU-SE

RAPIDAMENTE E COMEÇOU A AFETAR A CAPACIDADE REPRODUTIVA DE AVES QUE O INCORPORARAM INDIRETAMENTE EM SEUS ORGANISMOS.

A PERSISTÊNCIA DO DDT O TORNOU UM INSETICIDA IDEAL: UMA PULVERIZAÇÃO OFERECIA PROTEÇÃO CONTRA OS INSETOS QUE VARIAVA DE SEMANAS ATÉ ANOS, DEPENDENDO DO MÉTODO DE APLICAÇÃO. SUA PERSISTÊNCIA OCORRE EM VIRTUDE DE SUA BAIXA PRESSÃO DE VAPOR E CONSEQUENTE BAIXA VELOCIDADE DE EVAPORAÇÃO, BAIXA REATIVIDADE EM RESPEITO À LUZ, PRODUTOS QUÍMICOS E MICRO-ORGANISMOS DO AMBIENTE, E SOLUBILIDADE BASTANTE REDUZIDA EM ÁGUA. COMO OUTROS INSETICIDAS ORGANOCLORADOS, O DDT É SOLÚVEL EM SOLVENTES ORGÂNICOS E, PORTANTO, NO TECIDO ADIPOSEO ANIMAL. A SUBSTÂNCIA DDE É UM METABÓLITO DO DDT. EM ALGUMAS AVES, O DDE INTERFERE NA ENZIMA QUE REGULA A DISTRIBUIÇÃO DE CÁLCIO. POR RAZÕES AMBIENTAIS, O USO DE DDT ESTÁ ATUALMENTE PROIBIDO NA MAIORIA DOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS OCIDENTAIS.

DURANTE OS ANOS SETENTA, DEPOIS QUE O DDT FOI BANIDO, O INSETICIDA QUE O SUBSTITUIU EM MUITAS APLICAÇÕES AGRÍCOLAS, COMO NAS COLHEITAS DE ALGODÃO E SOJA, FOI O TOXAFENO. TRATA-SE DE UMA MISTURA DE CENTENAS DE SUBSTÂNCIAS SIMILARES, TODAS PRODUZIDAS QUANDO O HIDROCARBONETO DE OCORRÊNCIA NATURAL CHAMADO CANFENO E PARCIALMENTE CLORADO. ELE É EXTREMAMENTE TÓXICO PARA OS PEIXES, E, DE FATO, FOI USADO NA AMÉRICA DO NORTE PARA ELIMINAR DE LAGOS, PEIXES INDESEJÁVEIS.

OS PESTICIDAS BASEADOS EM ORGANOFOFORADOS SÃO DE TIPO NÃO PERSISTENTE; REPRESENTAM UM AVANÇO SOBRE OS ORGANOCLORADOS. ELES APRESENTAM GERALMENTE UM EFEITO TÓXICO MAIS AGUDO PARA OS SERES HUMANOS E OUTROS MAMÍFEROS DO QUE OS ORGANOCLORADOS. A EXPOSIÇÃO A ESSES PRODUTOS QUÍMICOS, POR INALAÇÃO, INGESTÃO ORAL OU ABSORÇÃO ATRAVÉS DA PELE, PODE LEVAR A PROBLEMAS IMEDIATOS DE SAÚDE. COMO OS HIDROCARBONETOS CLORADOS, OS ORGANOFOFORADOS CONCENTRAM-SE NOS TECIDOS GORDUROSOS.

OS HERBICIDAS SÃO COMPOSTOS QUÍMICOS QUE DESTROEM PLANTAS. SÃO FREQUENTEMENTE EMPREGADOS PARA MATAR ERVAS DANINHAS SEM CAUSAR PREJUÍZO À VEGETAÇÃO DESEJÁVEL.

AS **TRIAZINAS** SÃO UMA CLASSE DE HERBICIDAS MODERNOS, BASEADO NA ESTRUTURA AROMÁTICA SIMÉTRICA, QUE APRESENTA ÁTOMOS ALTERNADOS DE CARBONO E NITROGÊNIO EM UM ANEL DE SEIS MEMBROS. O MEMBRO MAIS CONHECIDO DESSE GRUPO, A ATRAZINA, QUE FOI INTRODUZIDA EM 1958 E É USADA EM ENORMES QUANTIDADES PARA DESTRUIR ERVAS DANINHAS EM LAVOURAS DE MILHO E SOJA. DO PONTO DE VISTA BIOQUÍMICO, A ATRAZINA ATUA COMO HERBICIDA BLOQUEANDO A OPERAÇÃO DE FOTOSÍNTESE NA ETAPA FOTOQUÍMICA QUE INICIA A REDUÇÃO DO DIÓXIDO DE CARBONO ATMOSFÉRICO A CARBOIDRATOS. O PRINCIPAL RISCO ECOLÓGICO DE UM MAIOR USO DA ATRAZINA É A MORTE DE PLANTAS SENSÍVEIS EM SISTEMAS AQUÁTICOS PRÓXIMOS DOS CAMPOS DE CULTURA. A ATRAZINA PRESENTE NO SOLO É DEGRADADA POR MICRORGANISMOS.

UMA DAS REAÇÕES BIOQUÍMICAS ENVOLVIDAS É A SUBSTITUIÇÃO DO CLORO POR UM GRUPO HIDROXILA, OH, RESULTANDO EM UM METABÓLITO QUE NÃO É TÓXICO PARA AS PLANTAS.

CERTOS COMPOSTOS ORGÂNICOS SINTÉTICOS AFETAM A SAÚDE REPRODUTIVA DE ORGANISMOS SUPERIORES, CONTRIBUINDO PARA A INFERTILIDADE DE VÁRIAS MANEIRAS E PODENDO AINDA AUMENTAR A TAXA DE CÂNCER NOS ÓRGÃOS REPRODUTORES. A MAIOR PREOCUPAÇÃO EM RELAÇÃO AOS SERES HUMANOS ESTÁ FOCADA NA INTERFERÊNCIA COM OS ESTROGÊNIOS, OS HORMÔNIOS SEXUAIS FEMININOS. OS ESTROGÊNIOS AMBIENTAIS QUE INTERFEREM COM O SISTEMA ENDÓCRINO DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE HORMÔNIOS INCLUEM OS INSETICIDAS ORGANOCORADOS, DDT, DDE, METOXICLOR, TOXAFENO E DIELDRIN, ASSIM COMO ALGUNS PCBs E DIOXINAS, E UMA VARIEDADE DE COMPOSTOS ORGÂNICOS INDUSTRIAIS COMUNS QUE CONTÊM OXIGÊNIO. AS CONSEQUÊNCIAS MAIS DEVASTADORAS DOS ESTROGÊNIOS AMBIENTAIS NÃO OCORREM PROVAVELMENTE NOS MAMÍFEROS QUE OS INGEREM INICIALMENTE. TAIS AÇÕES OCORREM EM SUA TRANSFERÊNCIA DESDE A MÃE PARA O FETO OU PARA OS OVOS, O QUE RESULTA NA RUPTURA DO BALANÇO HORMONAL NO RECEPTOR, CAUSANDO ANORMALIDADES REPRODUTIVAS, OU PRODUZ MUDANÇAS QUE RESULTARÃO EM CÂNCER QUANDO A PROLE DESENVOLVER-SE ATÉ A IDADE ADULTA.

METAIS PESADOS TÓXICOS

OS METAIS DIFERENCIAM-SE DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS TÓXICOS, POR SEREM ABSOLUTAMENTE NÃO DEGRADÁVEIS, DE MANEIRA QUE PODEM ACUMULAR-SE NOS COMPONENTES DO AMBIENTE ONDE MANIFESTAM SUA TOXICIDADE. OS LOCAIS DE FIXAÇÃO FINAL DOS METAIS PESADOS SÃO OS SOLOS E SEDIMENTOS. OS METAIS PESADOS SÃO EM SUA MAIORIA TRANSPORTADOS DE UM LUGAR PARA OUTRO POR VIA AÉREA, SEJA COMO GASES OU COMO ESPÉCIES ADSORVIDAS SOBRE OU ABSORVIDAS EM MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO.

EMBORA O VAPOR DE MERCÚRIO SEJA ALTAMENTE TÓXICO, OS QUATRO METAIS PESADOS, Hg, Pb, Cd e As, NAS SUAS FORMAS DE ELEMENTOS LIVRES CONDENSADOS, NÃO SÃO TÓXICOS. PORÉM, OS QUATRO SÃO PERIGOSOS NAS SUAS FORMAS CATIONICAS E TAMBÉM LIGADOS A CADEIAS CURTAS DE ÁTOMOS DE CARBONO. DO PONTO DE VISTA BIOQUÍMICO, O MECANISMO DE SUA AÇÃO TÓXICA DERIVA DA FORTE AFINIDADE DOS CÁTIOS PELO ENXOFRE. ASSIM, OS GRUPOS SULFIDRILA, QUE OCORREM NAS ENZIMAS QUE CONTROLAM A VELOCIDADE DE REAÇÕES METABÓLICAS DE IMPORTÂNCIA CRÍTICA NO CORPO HUMANO, LIGAM-SE RAPIDAMENTE AOS CÁTIOS DE METAIS PESADOS INGERIDOS OU A MOLÉCULAS CONTENDO TAIS METAIS. PELO FATO DE A LIGAÇÃO RESULTANTE METAL-ENXOFRE AFETAR A ENZIMA COMO UM TODO, ELA NÃO PODE ATUAR COM NORMALIDADE, E, EM CONSEQUÊNCIA, A SAÚDE HUMANA VÊ-SE AFETADA DE MANEIRA DESFAVORÁVEL, ÀS VEZES FATAL.

UM TRATAMENTO MÉDICO COMUM PARA O ENVENENAMENTO AGUDO CAUSADO POR METAIS PESADOS CONSISTE NA ADMINISTRAÇÃO DE UM COMPOSTO QUE ATRAIA O METAL DE MANEIRA AINDA MAIS FORTE DO QUE A ENZIMA; EM SEGUIDA, O CONJUGADO METAL-COMPOSTO SERÁ SOLUBILIZADO E EXCRETADO DO ORGANISMO.

O MERCÚRIO É O MAIS VOLÁTIL DE TODOS OS METAIS, E SEU VAPOR É ALTAMENTE TÓXICO. SE O MERCÚRIO FOR USADO EM AMBIENTES FECHADOS, É PRECISO UMA VENTILAÇÃO ADEQUADA, JÁ QUE A PRESSÃO DE VAPOR DE EQUILÍBRIO DO MERCÚRIO É CENTENAS DE VEZES MAIOR QUE A EXPOSIÇÃO MÁXIMA RECOMENDADA. O PRÓPRIO MERCÚRIO LÍQUIDO NÃO É ALTAMENTE TÓXICO, SENDO EXCRETADA A MAIOR PARTE DA QUANTIDADE INGERIDA. O MERCÚRIO DIFUNDE-SE DOS PULMÕES PARA A CORRENTE SANGUÍNEA, E DEPOIS ATRAVESSA A BARREIRA SANGUE-CÉREBRO PARA PENETRAR NO CÉREBRO; O RESULTADO É UM GRAVE DANO AO SISTEMA NERVOSO CENTRAL, QUE SE MANIFESTA POR DIFICULDADES NA COORDENAÇÃO, NA VISÃO E NO SENTIDO DO TATO.

EM ALGUMAS EXPLORAÇÕES DE DEPÓSITOS MINERAIS, SÃO EXTRAÍDAS PEQUENAS QUANTIDADES DE OURO OU PRATA ELEMENTARES, A PARTIR DE GRANDES QUANTIDADES DE ESCÓRIA, MEDIANTE A ADIÇÃO DE MERCÚRIO ELEMENTAR À MISTURA; ESTE EXTRAÍ O OURO OU A PRATA FORMANDO UM AMÁLGAMA, O QUAL É, EM SEGUIDA AQUECIDO PARA SEPARAR O MERCÚRIO POR DESTILAÇÃO. HOJE EM DIA, O PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO É FEITO EM GRANDE ESCALA NO BRASIL PARA TIRAR OURO DE SEDIMENTOS, O QUE RESULTA EM POLUIÇÃO SUBSTANCIAL POR MERCÚRIO TANTO DO AR QUANTO DO PRÓPRIO RIO AMAZONAS, DEVIDO A PRÁTICAS NÃO CUIDADOSAS DE MANIPULAÇÃO.

O CHUMBO NÃO CONSTITUI UM PROBLEMA AMBIENTAL ATÉ QUE VENHA A SE DISSOLVER E PRODUZIR A FORMA IÔNICA. ESSE COMPORTAMENTO CONTRASTA COM O DO MERCÚRIO, EM QUE O VAPOR CAUSA PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL. EM CONTRATE, O PONTO DE EBULIÇÃO DO CHUMBO É DE 1740°C, COMPARANDO COM OS APENAS 357°C PARA O MERCÚRIO, DE MANEIRA QUE A PRESSÃO DE VAPOR DO CHUMBO É MUITO MENOR QUE A DO MERCÚRIO. O ÍON ESTÁVEL DO CHUMBO É A ESPÉCIE Pb^{2+} . O CHUMBO FORMA O SULFETO IÔNICO PbS , $Pb^{2+}S^{2-}$; ESTE COMPOSTO É A BASE DO COMPONENTE METÁLICO DO MINÉRIO ALTAMENTE INSOLÚVEL (CHAMADO “GALENA”), DO QUAL É EXTRAÍDO QUASE TODO O CHUMBO. ATUALMENTE, AS PRINCIPAIS FONTES DE CHUMBO PARA O AMBIENTE SÃO CONSTITUÍDAS PELO CHUMBO RESIDUAL PRESENTES NAS IMEDIAÇÕES DAS ESTRADAS NA FORMA DE PARTÍCULAS DE AEROSSÓIS E PÓ; CINZAS DE PROCESSOS DE FUNDIÇÃO; CHUMBO UTILIZADO EM TUBULAÇÕES DE ENCANAMENTO; FABRICAÇÃO, RECICLAGEM E VENDA DE BATERIAS; FUMAÇA DE CIGARROS; TINTAS ANTIGAS FABRICADAS COM CHUMBO. VÁRIOS SAIS DE CHUMBO TÊM SIDO USADOS COMO PIGMENTOS HÁ MILÊNIO, VISTO QUE FORNECEM CORES ESTÁVEIS E BRILHANTES. O CROMATO DE CHUMBO, $PbCrO_4$, É O PIGMENTO AMARELO USADO NAS TINTAS EMPREGADAS NOS ÔNIBUS ESCOLARES E NAS FAIXAS DAS ESTRADAS. O “CHUMBO VERMELHO”, Pb_3O_4 , É USADO EM TINTAS RESISTENTES À CORROSÃO E

TEM UMA COR VERMELHA BRILHANTE. OS PIGMENTOS DE CHUMBO SÃO USADOS NAS REVISTAS ILUSTRADAS E NAS EMBALAGENS DE ALIMENTOS.

OS COMPOSTOS COVALENTES MAIS IMPORTANTES DE CHUMBO SÃO AQUELES FORMADOS COM O GRUPO METILA, CH_3 , E O GRUPO ETILA, CH_2CH_3 , ISTO É, TETRAMETILCHUMBO, $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$, E TETRAETILCHUMBO, $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$. NO PASSADO, AMBOS FORAM USADOS COMO ADITIVOS EM GASOLINA. A MAIOR PARTE DO CHUMBO QUE PERCORRE O ORGANISMO ESTÁ INICIALMENTE PRESENTE NO SANGUE, PORÉM ESSA QUANTIDADE VAI SE ELEVANDO ATÉ ALCANÇAR UM PLATÔ, E O EXCESSO PENETRA NOS TECIDOS MACIOS, INCLUSIVE OS ÓRGÃOS, ENTRE OS QUAIS DESTACA-SE O CÉREBRO. FINALMENTE O CHUMBO DEPOSITA-SE NOS OSSOS, NOS QUAIS SUBSTITUI O CÁLCIO, JÁ QUE OS ÍONS Pb^{2+} E Ca^{2+} SÃO SIMILARES EM TAMANHO. A TOXICIDADE DO CHUMBO É PROPORCIONAL À QUANTIDADE PRESENTE NOS TECIDOS MACIOS, E NÃO À QUANTIDADE QUE SE ENCONTRA NO SANGUE OU NOS OSSOS. O CHUMBO PERMANECE NO CORPO HUMANO DURANTE VÁRIOS ANOS, PODENDO, ACUMULAR-SE NO ORGANISMO.

A QUÍMICA DAS ÁGUAS NATURAIS

TODAS AS FORMAS DE VIDA EXISTENTES NA TERRA DEPENDEM DA ÁGUA. MAIS DE 97% DA ÁGUA DO MUNDO É ÁGUA DE MAR, INDISPONÍVEL PARA BEBER E PARA A MAIORIA DOS USOS AGRÍCOLAS. TRÊS QUARTOS DA ÁGUA DOCE ESTÃO PRESOS EM GELEIRAS E NAS CALOTAS POLARES. LAGOS E RIOS SÃO AS PRINCIPAIS FONTES DE ÁGUA POTÁVEL, MESMO CONSTITUINDO, EM SEU CONJUNTO, MENOS DE 0,01% DO SUPRIMENTO TOTAL DE ÁGUA.

A MAIOR PARTE DA ÁGUA DOCE DISPONÍVEL NA TERRA ENCONTRA-SE NO SUBSOLO, SENDO QUE METADE DESSA ÁGUA ENCONTRA-SE A PROFUNDIDADES QUE EXCEDEM UM QUILOMETRO. NA ZONA DE AERAÇÃO OU INSATURADA, AS PARTÍCULAS DE SOLO ESTÃO COBERTAS COM UM FILME DE ÁGUA, MAS EXISTE AR ENTRE AS PARTÍCULAS. À MAIOR PROFUNDIDADE, ESTÁ A ZONA SATURADA OU INSATURADA, EM QUE A ÁGUA DESLOCOU TODO O AR. O NOME DADO À ÁGUA DOCE DA ZONA SATURADA É LENÇOL DE ÁGUA SUBTERRÂNEO; ELE CONSTITUI 0,6% DO SUPRIMENTO TOTAL DE ÁGUA MUNDIAL. A PRINCIPAL FONTE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS SÃO AS CHUVAS QUE CAEM SOBRE A SUPERFÍCIE, UMA PEQUENA PARTE DAS QUAIS INFILTRA-SE ATÉ ATINGIR A ZONA SATURADA. A PARTE SUPERIOR DA REGIÃO (SATURADA) DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS É CHAMADA DE LENÇOL FREÁTICO. QUANDO O LENÇOL FREÁTICO REPOUSA SOBRE O SOLO, ENCONTRAMOS LAGOS E ÁGUA CORRENTE.

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS TÊM SIDO CONSIDERADAS COMO UMA FORMA PURA DE ÁGUA. DEVIDO À SUA FILTRAÇÃO ATRAVÉS DO SOLO E AO LONGO TEMPO DE PERMANÊNCIA NO SUBSOLO, ELA CONTÉM UMA

QUANTIDADE MUITO MENOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NATURAL E MUITO MENOS MICRORGANISMOS CAUSADORES DE DOENÇAS QUE AS ÁGUAS DE LAGOS E RIOS.

A SUBSTÂNCIA MAIS HABITUALMENTE OXIDADA PELO OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM ÁGUA É A MATÉRIA ORGÂNICA DE ORIGEM BIOLÓGICA, COMO A PROCEDENTE DE PLANTAS MORTAS E RESTOS ANIMAIS. O OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA É CONSUMIDO NAS REAÇÕES DE OXIDAÇÃO DA AMÔNIA (NH_3) E DO ÍON AMÔNIO (NH_4^+) DISSOLVIDOS, SUBSTÂNCIAS QUE, COMO A MATÉRIA ORGÂNICA, ESTÃO PRESENTES NA ÁGUA COMO RESULTADO DE ATIVIDADE BIOLÓGICA, PARA FORMAR ÍON NITRATO (NO_3^-). A CAPACIDADE DA MATÉRIA ORGÂNICA PRESENTE EM UMA AMOSTRA DE ÁGUA NATURAL EM CONSUMIR OXIGÊNIO É CHAMADA DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO, DBO.

RECENTEMENTE MANIFESTOU-SE CERTA PREOCUPAÇÃO COM O AUMENTO NOS NÍVEIS DO ÍON NITRATO NA ÁGUA POTÁVEL, ESPECIALMENTE EM ÁREAS RURAIS; A PRINCIPAL FONTE DESTE NO_3^- É O ESCOAMENTO QUE OCORRE DE TERRAS AGRÍCOLAS PARA RIOS E RIACHOS. O EXCESSO DE NITRATO NA ÁGUA POTÁVEL CONSTITUI UM RISCO PARA A SAÚDE, VISTO QUE PODE RESULTAR EM **METEMOGLOBINEMIA OU “SÍNDROME DO BEBÊ AZUL”** TANTO EM BEBÊS RECÉM-NASCIDOS, COMO EM ADULTOS COM UMA DETERMINADA DEFICIÊNCIA ENZIMÁTICA. O BEBÊ TORNA-SE AZUL E SOFRE DE INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA. ALÉM DISSO, O EXCESSO DE ÍONS NITRATO NA ÁGUA POTÁVEL PODE LEVAR A UM AUMENTO NA INCIDÊNCIA DE CÂNCER DE ESTÔMAGO EM SERES HUMANOS, DADO QUE PARTE DESSES ÍONS É CONVERTIDA EM ÍONS NITRITO NO ESTÔMAGO. O PROBLEMA RESIDE NO FATO DE QUE OS NITRITOS PODERIAM REAGIR COM AMINAS PARA PRODUZIR N-NITROSAMINAS, COMPOSTOS CONHECIDOS POR SUA AÇÃO CARCINOGENICA EM ANIMAIS.

A PURIFICAÇÃO DE ÁGUAS POLUÍDAS

A POLUIÇÃO DE ÁGUAS NATURAIS POR CONTAMINANTES TANTO BIOLÓGICOS COMO QUÍMICOS É UM PROBLEMA DE ÂMBITO MUNDIAL. A CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA POR PRODUTOS QUÍMICOS ORGÂNICOS É UM PROBLEMA QUE CAUSA PREOCUPAÇÃO. TANTO OS ATERROS DE LIXO MUNICIPAIS, QUANTO OS DEPÓSITOS UTILIZADOS PARA DESCARTE DE LIXO INDUSTRIAL, SÃO HABITUALMENTE A ORIGEM DE CONTAMINANTES DO CHORUME. EM ÁREAS RURAIS, A CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS POUCO PROFUNDOS POR PESTICIDAS ORGÂNICOS, COMO A ATRAZINA LIXIVIADA DA SUPERFÍCIE TEM-SE TORNADO PREOCUPANTE. CONTUDO, OS CONTAMINANTES ORGÂNICOS TÍPICOS DOS SUPRIMENTOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA MAIS IMPORTANTES SÃO OS SOLVENTES CLORADOS, ESPECIALMENTE TRICLOROETENO, C_2HCl_3 , E PERCLOROETENO (TETRACLOROETENO), C_2Cl_4 , E OS HIDROCARBONETOS DO COMPONENTE BTX DA GASOLINA E OUTROS DERIVADOS DO PETRÓLEO. INFELIZMENTE, NÃO FOI ENCONTRADA UMA “SOLUÇÃO” FÁCIL PARA O PROBLEMA DE CONTAMINAÇÃO. O CONTROLE CONSISTE NORMALMENTE NA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE BOMBEIO E

TRATAMENTO, QUE BOMBEIAM DO AQUÍFERO A ÁGUA CONTAMINADA, REALIZAM SEU TRATAMENTO PARA REMOVER OS CONTAMINANTES ORGÂNICOS E DEVOLVEM A ÁGUA LIMPA PARA O AQUÍFERO OU PARA ALGUM OUTRO CORPO DE ÁGUA.

A DESINFECÇÃO DA ÁGUA BRUTA, USANDO CLORO OU PERMANGANATO DE POTÁSSIO É ÀS VEZES EFETUADA TANTO NO MOMENTO EM QUE A ÁGUA ENTRA NA PLANTA DE TRATAMENTO, COMO NA ETAPA FINAL DE PURIFICAÇÃO. A AERAÇÃO É USADA PARA A MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA. AS PLANTAS MUNICIPAIS DE TRATAMENTO PROMOVEM A AERAÇÃO DA ÁGUA A SER BEBIDA EXTRAÍDA DE AQUÍFEROS COM O OBJETIVO DE REMOVER GASES DISSOLVIDOS, COMO H_2S E COMPOSTOS ORGANOSSULFURADOS DE ODOR FÉTIDO, ALÉM DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS. UMA OUTRA VANTAGEM DA AERAÇÃO CONSISTE EM QUE O AUMENTO NA CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO NA ÁGUA OXIDA O Fe_{2+} SOLÚVEL, PARA Fe_{3+} , QUE FORMA ENTÃO HIDRÓXIDOS INSOLÚVEIS QUE PODEM SER REMOVIDAS COMO SÓLIDOS.

NA MAIORIA DOS MUNICÍPIOS PERMITE-SE A DECANTAÇÃO DA ÁGUA BRUTA, VISTO QUE POSSIBILITA A DEPOSIÇÃO DAS PARTÍCULAS GRANDES, PARA QUE A FILTRAÇÃO SEJA REALIZADA COM FACILIDADE. PARA CAPTURAR AS PARTÍCULAS COLOIDAIAS, ADICIONA-SE À ÁGUA SULFATO DE FERRO (III), $Fe_2(SO_4)_3$ OU SULFATO DE ALUMÍNIO, $Al_2(SO_4)_3$; TANTO O Fe^{3+} COMO O Al^{3+} FORMAM HIDRÓXIDOS GELATINOSOS, $Fe(OH)_3$ E $Al(OH)_3$, QUE INCORPORAM FISICAMENTE AS PARTÍCULAS COLOIDAIAS, FORMANDO UM PRECIPITADO REMOVÍVEL. A FORMAÇÃO DESSAS DUAS SUBSTÂNCIAS (HIDRÓXIDO DE FERRO OU DE ALUMÍNIO) CONSOME TAMBÉM ÍONS HIDRÓXIDO, O QUE RESULTA EM UMA DIMINUIÇÃO DO PH DA ÁGUA, AJUDANDO A NEUTRALIZAR ÁGUAS ALCALINAS. APÓS A REMOÇÃO DAS PARTÍCULAS COLOIDAIAS, A ÁGUA É FILTRADA ATRAVÉS DE AREIA E/OU ALGUM OUTRO MATERIAL GRANULADO.

RESÍDUOS, SOLOS E SEDIMENTOS

GRANDE PARTE DO MATERIAL QUE É DESCARTADO E DEVE SER ARMAZENADO EM DEPÓSITOS NÃO É PERIGOSA, CORRESPONDENDO SIMPLEMENTE A “LIXO DOMÉSTICO” OU “RESÍDUO”. O MAIOR GERADOR INDIVIDUAL DESSES RESÍDUOS SÓLIDOS SÃO ENTULHOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO, QUASE TODOS SÃO REUTILIZADOS OU ENTERRADOS NO SOLO. A SEGUNDA MAIOR FONTE DE RESÍDUOS EM VOLUME CORRESPONDE AO GERADO PELOS SETORES COMERCIAL E INDUSTRIAL, SEGUIDO PELO LIXO DOMÉSTICO ORIGINADO NAS RESIDÊNCIAS PARTICULARES. O PRINCIPAL MÉTODO USADO PARA ARMAZENAR O LIXO SÓLIDO MUNICIPAL É A SUA COLOCAÇÃO EM UM ATERRO SANITÁRIO, O QUAL CONSISTE EM UMA GRANDE ESCAVAÇÃO NO SOLO QUE EM GERAL É COBERTO COM SOLO E/OU ARGILA.

EM UM ATERRO SANITÁRIO, O LIXO SÓLIDO MUNICIPAL É COMPACTADO EM CAMADAS E COBERTO COM CERCA DE 20 CM DE SOLO AO FINAL DAS OPERAÇÕES DIÁRIAS; ASSIM, O ATERRO É FORMADO POR MUITAS

CÉLULAS ADJACENTES, CORRESPONDENDO CADA UMA AO LIXO DE UM DIA. ALÉM DO DEPÓSITO EM ATERROS, OUTRA MANEIRA COMUM DE TRATAR OS RESÍDUOS, PARTICULARMENTE OS ORGÂNICOS E BIOLÓGICOS, É ATRAVÉS DA INCINERAÇÃO-OXIDAÇÃO DE MATERIAIS POR COMBUSTÃO CONTROLADA ATÉ PRODUTOS SIMPLES MINERALIZADOS, COMO DIÓXIDO DE CARBONO E ÁGUA. A PRINCIPAL VANTAGEM DA INCINERAÇÃO DO LIXO SÓLIDO MUNICIPAL É A REDUÇÃO SUBSTANCIAL DO VOLUME DE MATERIAL QUE DEVE SER ATERRADO. NO CASO DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS OU PERIGOSAS, UM OBJETIVO AINDA MAIS IMPORTANTE É A ELIMINAÇÃO DO PERIGO TÓXICO ASSOCIADO AO MATERIAL. A INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS HOSPITALARES É EFETUADA PARA SUA ESTERILIZAÇÃO. O PRINCIPAL PROBLEMA AMBIENTAL DA INCINERAÇÃO É A POLUIÇÃO DO AR, TANTO POR GASES QUANTO POR PARTÍCULAS.

A MAIORIA DOS SOLOS É COMPOSTA PRINCIPALMENTE POR PARTÍCULAS PEQUENAS PROVENIENTES DAS ROCHAS EXPOSTAS AO INTEMPERISMO, QUE SÃO OS SILICATOS MINERAIS. COM O TEMPO, O INTEMPERISMO DOS SILICATOS MINERAIS DAS ROCHAS PODE ENVOLVER REAÇÕES QUÍMICAS COM ÁGUA E ÁCIDOS EM QUE OCORRE SUBSTITUIÇÃO DE ÍONS. FINALMENTE, ESSAS REAÇÕES FORMAM SUBSTÂNCIAS QUE SÃO EXEMPLOS IMPORTANTES DE UMA CLASSE DE MATERIAIS PRESENTES NO SOLO CONHECIDOS COMO MINERAIS DE ARGILA. ALÉM DOS MINERAIS, OS OUTROS COMPONENTES IMPORTANTES DO SOLO SÃO MATÉRIA ORGÂNICA, ÁGUA E AR. A MATÉRIA ORGÂNICA, QUE DÁ AO SOLO SUA COR ESCURA, É CONSTITUÍDA PRINCIPALMENTE POR UM MATERIAL CHAMADO HÚMUS, QUE DERIVA PRINCIPALMENTE DAS PLANTAS QUE REALIZAM FOTOSSÍNTESE. ALGUNS COMPONENTES DESSE MATERIAL (COMO A CELULOSE E A HEMICELULOSE) PROCEDEM POR SUA VEZ DE DECOMPOSIÇÃO ANTERIOR EFETUADA POR ORGANISMOS QUE VIVEM NO SOLO. A PORÇÃO DE COR ESCURA DO HÚMUS É FORMADA POR ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS, E É SOLÚVEL EM SOLUÇÕES ALCALINAS DEVIDO À PRESENÇA DOS GRUPOS ÁCIDOS. OS MATERIAIS HÚMICOS TÊM UMA GRANDE AFINIDADE PELOS CÁTIOS DE METAIS PESADOS, DE MANEIRA QUE OS EXTRAEM DA ÁGUA QUE PASSA ATRAVÉS DELES POR MEIO DE PROCESSOS DE TROCA IÔNICA.

OS SOLOS CONTAMINADOS SÃO ENCONTRADOS COM MAIOR FREQUÊNCIA NÃO APENAS NAS REDONDEZAS DE LOCAIS DE DESCARTE DE LIXO E DE PLANTAS QUÍMICAS, MAS TAMBÉM NOS ARREDORES DE OLEODUTOS E POSTOS DE GASOLINA. AS TECNOLOGIAS ATUALMENTE DISPONÍVEIS PARA A REMEDIAÇÃO DE LOCAIS CONTAMINADOS PERTENCEM A UMA DESSAS TRÊS CATEGORIAS PRINCIPAIS:

RETENÇÃO OU IMOBILIZAÇÃO

MOBILIZAÇÃO

DESTRUIÇÃO

EM GERAL, AS TECNOLOGIAS PODEM SER APLICADAS *IN SITU*, ISTO É, NO LUGAR DA CONTAMINAÇÃO, OU *EX SITU*, OU SEJA, REMOVENDO PRIMEIRAMENTE A MATÉRIA CONTAMINADA PARA OUTRO LOCAL.

ENTRE AS TÉCNICAS ASSOCIADAS COM A RETENÇÃO *IN SITU*, QUE CORRESPONDE AO ISOLAMENTO DOS RESÍDUOS DO AMBIENTE CIRCUNDANTE ESTÁ A COBERTURA DO LOCAL CONTAMINADO, ESPECIALMENTE COM ARGILA, E/OU A COLOCAÇÃO DE MUROS DE RETENÇÃO DE BAIXA PERMEABILIDADE QUE IMPEÇAM O ESPALHAMENTO LATERAL DOS CONTAMINANTES. A RETENÇÃO *EX SITU* CORRESPONDERIA À COLOCAÇÃO DO SOLO ESCAVADO EM UM ATERRO ESPECIAL. AS TÉCNICAS DE IMOBILIZAÇÃO INCLUEM SOLIDIFICAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO, SENDO ESPECIALMENTE ÚTEIS PARA RESÍDUOS INORGÂNICOS, QUE SÃO DIFÍCEIS DE TRATAR POR OUTROS MÉTODOS.

AS TÉCNICAS DE MOBILIZAÇÃO SÃO, EM GERAL, EFETUADAS *IN SITU* E INCLUEM LAVAGEM DO SOLO E EXTRAÇÃO DOS VAPORES CONTAMINANTES DO MESMO, NO CASO EM QUE SEJAM INSOLÚVEIS EM ÁGUA E DE ALTA VOLATILIDADE, COMO É O CASO DA GASOLINA.

AS TÉCNICAS DE DESTRUIÇÃO, PRINCIPALMENTE INCINERAÇÃO E BIORREMEDIAÇÃO, RESULTAM NA ELIMINAÇÃO PERMANENTE, JÁ QUE TRANSFORMAM OS CONTAMINANTES POR VIA QUÍMICA OU BIOQUÍMICA. A BIORREMEDIAÇÃO É O USO DE ORGANISMOS VIVOS, SOBRETUDO MICRO-ORGANISMOS PARA DEGRADAR RESÍDUOS AMBIENTAIS.

2. CANTO, E. L. *Minerais, minérios, metais: de onde vêm? para onde vão?* 2. ed. São Paulo: Moderna, 2008.

CANTO. E.L. *Minerais, minérios, metais – De onde vêm? Para onde vão?* São Paulo: Moderna, 2010.

Introdução

Este livro é uma obra em que se trata dos aspectos científicos e tecnológicos que envolvem o aproveitamento dos metais e sua importância para o contexto geoeconômico. Trata-se, portanto, de um apanhado geral sobre os recursos minerais existentes e sua extração, e a obtenção de metais a partir de minérios. Também são evidenciados temas como o da riqueza do Brasil em minérios e seu aproveitamento na indústria, e ainda, a inserção desses minérios no mercado.

MINERAIS, MINÉRIOS E METAIS

Os termos: **mineral**, **minério** e **metal**, apesar de estarem relacionados, são usados de forma incorreta sendo até mesmo confundidos. Os minerais podem ser associados a uma visão da atuação da indústria na exploração dos recursos minerais, na produção de metais e no vasto campo de aplicações científicas e tecnológicas que eles possuem.

METAIS VÊM DO SUBSOLO

Os metais, como ferro, alumínio, níquel, cobre e chumbo, advêm do subsolo, e são muito utilizados em nosso dia a dia. Pode-se dizer que não são recursos facilmente encontrados, e distribuídos de maneira equilibrada em todo globo terrestre. Estes são recursos de muita importância para um país, porque se não houver produção própria, terá de ser importado causando dependência de outros países.

A partir da composição dos minérios é que se originam os metais. O minério é o nome dado a um mineral do qual se extrai substância química de interesse industrial.

Ao pensar que hematita é um “minério de ferro”, fica subentendido: “a hematita é um mineral que, explorado industrialmente, fornece a substância química ferro metálico.

PLACAS EM MOVIMENTO

COMO É A TERRA POR DENTRO?

As perfurações mais profundas já realizadas chegaram a cerca de 10 quilômetros. O centro da Terra se encontra a aproximadamente 6.400 quilômetros de profundidade.

Para compreender como a Terra é por dentro, é preciso notar que: a velocidade do som é diferente ao se propagar em diferentes meios. Sua velocidade é de 340 metros por segundo no ar, 1500 metros por segundo na água, 3.810 metros por segundo no mármore e 5.200 metros por segundo no ferro. Tal constatação permitiu conceber um método para investigar a estrutura da Terra.

Para inferir o que existe dentro da Terra, recorre-se a um procedimento que tem a ver com o teste das batidinhas na melancia. O “som” utilizado para o estudo do interior de nosso planeta é o das ondas sísmicas, que são ondas de choque produzidas nos terremotos e, que se propagam pelo interior do planeta. São monitoradas por estações sismografias situadas em vários locais do planeta. Medem-se, nestas estações, por exemplo, as variações de velocidade e as mudanças de direção (reflexão e refração) dessas ondas.

Comparando os dados dessas medições com o que se sabe sobre as leis que regem a propagação das ondas em diferentes meios materiais, os cientistas puderam elaborar modelos do interior do planeta. Trata-se de um assunto complexo, que envolve a reunião e a análise lógica de evidências.

UMA ESCALA DE TEMPO MUITO LONGA

A Terra sempre foi assim? Para responder é preciso ter em foco a obtenção e a análise criteriosa de informações sobre o passado geológico do planeta. As principais evidências originam-se da análise de rochas no que diz respeito à localização, composição química, às características magnéticas e à idade provável (determinada por complexas técnicas que envolvem radioatividade). Outras pistas são ossos fossilizados, depósitos de carvão mineral, petróleo, madeira petrificada etc. Após esses estudos, podem-se elaborar teorias. Entretanto, uma teoria nunca pode ser considerada como verdade absoluta; pode ser aceita apenas enquanto não se descobre um fato novo. Quando se descobre algo que contrarie a teoria, a tendência é de aperfeiçoá-la ou substituí-la por outra melhor.

A HISTÓRIA DA TERRA EM UM METRO

A terra tem aproximadamente 4,6 bilhões de anos. Era uma bola extremamente quente de material derretido e gases. Com o passar de milhões de anos, foi sofrendo resfriamento, surgindo assim, há 3,8 bilhões de anos, as mais antigas rochas encrostadas na crosta terrestre.

Quando se analisa estes fatos, sobre a extensão de uma régua, pode-se dizer que, todo o período Pré-Cambriano ocuparia 86 centímetros. Durante esse período se formaram as primeiras rochas e, muito tempo depois, a primeira forma de vida, composta por uma única célula. O período de formação das reservas de carvão mineral apareceria a 5,5 centímetros do final da régua; e a época de extinção dos dinossauros, a apenas 1,4 centímetro.

A história registrada da humanidade corresponderia aos últimos 0,003 centímetros, isto é, uma dimensão dez vezes menor que o ponto final desta frase.

NA ANTÁRTIDA, UM ENIGMA

Conta a história que, em 1908, uma expedição britânica à Antártida fez, durante suas andanças por aquela vasta região gelada, uma impressionante descoberta: havia carvão mineral naquele continente.

Logo, outra expedição foi enviada para estudar com mais detalhes essas reservas minerais. Durante as escavações geólogos encontraram ossos de diferentes tipos de animais incrustados nas camadas de carvão. Já havia evidências de que, num passado geológico, a temperatura ao redor de todo o planeta foi muito maior, permitindo a existência de formas de vida vegetal e animal também na Antártida.

Notou-se o fato de que os ossos de répteis e de anfíbios lá encrostados são virtualmente idênticos aos de fósseis achados na África e na América do Sul, embora a Antártida esteja a aproximadamente 4.000 quilômetros do continente africano e a 990 quilômetros do sul-americano. Durante algum tempo, esses achados geológicos constituíram um enigma sem resposta.

O cientista alemão Alfred Wegener, em 1912, propôs uma teoria para explicar esse enigma. Ele sugeriu que há cerca de 250 milhões de anos, todas as massas de terra continental existentes estavam unidas formando um único continente, ou seja, não havia oceanos separando diferentes regiões.

As descobertas mostraram que as formas de vida animal existentes nessa época puderam migrar de uma parte para outra. Depois, esse gigantesco continente começou a se partir, e as diversas partes resultantes se separaram uma das outras, até chegar às posições atuais.

A DERIVA DOS CONTINENTES

Os geólogos acreditavam que a crosta terrestre era dotada de uma estrutura rígida e imóvel, houve uma descrença nos meios científicos com respeito à teoria de Wegener. Contudo, ele não fundamentou sua teoria apenas na evidência dos fósseis. Pelo menos duas constatações as sustentam:

- Ao olhar o mapa-múndi, percebemos que os contornos dos diversos continentes apresentam um certo encaixe, como se fossem peças de um quebra-cabeças, afastadas umas das outras.

- Alguns depósitos minerais existentes na crosta terrestre ocorrem em forma de faixas – também chamadas de cinturões –, presentes nos vários continentes.

A proposta de Wegener ficou conhecida como *Teoria da Deriva dos Continentes*. A ideia podia ser muito interessante, porém não foi aceita pelos cientistas alemães, seus contemporâneos.

Tectônica das placas

Com a morte, em 1930 durante uma nevasca numa expedição científica na Groenlândia, as ideias de Wegener foram esquecidas por cerca de 30 anos. Novas e importantes evidências, na década de 1960, sobre o passado de nosso planeta foram obtidas. As novas evidências são informações um tanto complexas em relação às características magnéticas de algumas rochas.

Este fato, fez com que os geólogos voltassem a sua atenção para as ideias esquecidas de Wegener sobre a deriva dos continentes, as quais com algumas adaptações eram capazes de explicar as constatações experimentais.

Surge a partir daí, a *Teoria da Tectônica das Placas*. Segundo essa teoria, a superfície da Terra é composta por placas litosféricas, que se comportam como “jangadas de pedra” flutuando sobre o material fundido que existe abaixo delas. Há 180 milhões de anos, começou a haver a separação do único continente que, então, existia chamado Pangea (“toda Terra”, em grego), em fragmentos que foram se afastando uns dos outros, convergindo para as posições atuais. Assim, as porções continentais que hoje conhecemos fazem parte de placas que se movem em diferentes direções.

Surgem as cordilheiras

Por meio da Teoria da Tectônica de Placas podemos notar que, em alguns locais do planeta, a crosta terrestre é formada e, em outros, destruída. Na chamada Dorsal Meso atlântica, que é uma cordilheira submersa, existente no fundo do Oceano Atlântico, o magma proveniente do interior do planeta vem à superfície, se solidificando e dando origem as rochas.

De acordo com isso, o continente americano estaria se afastando da Europa, Ásia e África à razão de 2 cm por ano. E, acontecem também, as intensas emanções de calor observadas nas medições desse dorsal.

As rochas e o subsolo

Dos diferentes tipos de rocha, existem aquelas que formam os escudos cristalinos, que se estendem por boa parte da superfície do território brasileiro. E os minérios de grande importância econômica são encontrados exatamente nessas áreas.

Vulcões: valiosas fontes de pistas

A análise do material expelido pelos vulcões nos leva à conclusão de que eles são uma importante fonte científica. As análises permitem deduzir a composição química das camadas que se encontram imediatamente sob a crosta, região de onde provém o material dos derrames vulcânicos.

Isto denota que, depois das observações experimentais científicas, em todo o planeta as regiões que apresentam maior atividade vulcânica coincidem com as zonas de encontro entre as placas litosféricas.

O magma endurecido

Quando ocorre o encontro das placas, uma das placas – a que é feita do material mais denso – mergulha sob a outra e, à medida que desce ao encontro das altas temperaturas da astenosfera, começa sofrer a fusão, se incorporando ao magma. Porções pouco densas desse material “sobem” e, quando saem pela superfície da crosta, dão origem ao fenômeno vulcanismo. O magma após ser lançado para fora dos vulcões recebe o nome de lava.

Pode-se definir a lava como: *a complicada mistura de substâncias fundidas em elevadíssimas temperaturas, contendo também gases dissolvidos*. Durante a erupção, ela pode escorrer dos vulcões ou ser projetada a vários quilômetros de distância. Após ser resfriada, ela se solidifica e se transforma num material rochoso. As rochas formadas por esse processo são chamadas de ígneas ou magmáticas.

Existe uma diferença muito grande entre as rochas formadas na superfície e as rochas formadas sob a superfície. O resfriamento do magma na superfície é mais rápido, formando assim rochas constituídas de cristais muito pequenos, como por exemplo, o basalto. As rochas formadas por esse processo de resfriamento são chamadas de magmáticas extrusivas ou vulcânicas.

Já quando o magma se resfria lentamente sob a superfície, acontece a formação de cristais significativamente maiores, como por exemplo, o granito. As rochas formadas nessas condições de resfriamento lento são denominadas magmáticas intrusivas ou plutônicas.

Os sedimentos cimentados

São diversos fatores elencados para desgaste das rochas magmáticas. Vento, chuvas, água corrente e ondas marinhas, por exemplo, são capazes de remover pedacinhos decorrentes desse desgaste, chamados de *sedimentos* das rochas e conduzi-los a outros locais. Esses sedimentos compõem as chamadas *rochas sedimentares*, das quais a areia é um exemplo.

Com o acúmulo crescente, a própria ação do peso das camadas superiores pode fazer com que esses sedimentos fiquem cimentados. Os exemplos mais conhecidos são o calcário, formado pela união de sedimentos de carbonato de cálcio, e o arenito, originário da consolidação de sedimentos de areia.

A metamorfose das rochas

A metamorfose das rochas acontece com o aquecimento prolongado. Esse acontecimento faz com que sejam formadas novas rochas, as chamadas *rochas metamórficas*. Podemos citar como exemplo um depósito de calcário que sofreu a ação do peso e do calor, passou por transformações que produziram o mármore, uma rocha metamórfica.

Rochas e subsolo

Foram identificados três tipos de estrutura geológica formadores do subsolo dos continentes, pelos pesquisadores:

- Os escudos cristalinos,
- As bacias sedimentares, e
- Os dobramentos recentes.

Os escudos cristalinos são formados por rochas magmáticas de origem no Período Pré-Cambriano.

As bacias sedimentares se formaram devido à lenta deposição de sedimentos, nas partes mais baixas – depressões – dos escudos cristalinos, o que ocorreu principalmente na Era Paleozoica, na Mesozoica e, com menos frequência, na Cenozoica. E por fim, os dobramentos recentes dizem respeito a cadeias montanhosas formadas na atual era geológica, a Cenozoica.

O subsolo brasileiro

Em cerca de 36% do território brasileiro afloram os escudos cristalinos. Os 34% restantes correspondem às bacias sedimentares, e os dobramentos recentes não são encontrados no Brasil.

Os escudos cristalinos correspondem às regiões onde, geralmente, são encontrados e explorados muitos depósitos minerais que têm ou tiveram importância econômica. Como, por exemplo, as jazidas de minério de manganês na Serra do Navio – Amapá, as de ouro em Serra Pelada – Pará e as de ferro no Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais.

Redução de metais a partir de minérios

Para exemplificar a ideia de redução de minérios, utiliza-se a fabricação de alumínio a partir do minério bauxita como matéria prima.

Após a purificação, a bauxita fornece a *alumina* – ou óxido de alumínio – que é submetida a uma reação química adequada, fornecendo finalmente o metal alumínio.

O processo de obtenção do alumínio, a partir de seu minério, ocorre por uma reação química na qual há diminuição de carga dos átomos desse elemento, que passa de +3 para zero. Esse processo é chamado de *redução*, pois é a diminuição da carga dos átomos durante a reação química.

Corrosão *versus* metalurgia

O processo de corrosão de metais, segundo químicos, consiste numa reação química em que ocorre a oxidação do metal, processo pelo qual a carga dos átomos de ferro é aumentada – oposto à redução. Portanto, a corrosão é um processo natural que tende oxidar os metais – exatamente o oposto da metalurgia que visa reduzi-los.

Metalurgia e nobreza

A sequência de processos que são executados, visando à obtenção de um elemento metálico, a partir do minério correspondente, denomina-se *metalurgia*. Essa definição compreende desde a operação que se inicia na lavra – extração de minérios da jazida – até a confecção do objeto vendido ao consumidor.

A mais delicada dentre todas as etapas corresponde àquela que envolve a reação química de redução.

5 – Ouro – o metal da nobreza

Um metal que foi e é caracterizado pela alta nobreza é o ouro. Esse metal amarelo é, dentre todos, o mais maleável e dúctil. Maleabilidade é a capacidade de ser transformado em lâminas; e ductibilidade, a de ser convertido em fios. Não é atacado por nenhum ácido conhecido (clorídrico, nítrico, sulfúrico etc.), mas é corroído pela água-régia, que é uma mistura de três partes de ácido clorídrico e uma parte de ácido nítrico, ambos concentrados.

Veios e pepitas

Sabemos que o ouro existente na natureza como substância simples, pode ser encontrado sob a forma de veios e de pepitas.

Denominamos veios de ouro as incrustações do metal presente em rochas. O processo de extração, nos veios, consiste na mineração. As rochas são extraídas por meio de picaretas, dinamitações ou uso de máquinas que as cortam e removem, logo em seguida são processadas para separar o ouro.

No passado geológico, por meio da erosão, muitos fragmentos de ouro metálico foram carregados até se depositar em vales fluviais, esses depósitos realizados por águas correntes são chamados de *aluviões*. Esses pedaços de ouro são chamados de pepitas. O processo utilizado para obtê-las é o garimpo, no qual os sedimentos acumulados nesses vales são revolvidos a sua procura.

O que são quilates?

A escala de quilates é aplicada a peças de ouro para indicar o teor desse metal nelas presente.

O ouro puro chamado de 24 quilates, significa que em cada 24 gramas do material, 24 gramas são de ouro. Assim, a expressão utilizada “ouro 18 quilates” significa que, em cada 24 gramas do material, 18 gramas são de ouro, e o restante é cobre e/ou prata. Deste modo fica claro que uma peça de ouro não pode ter valor de quilates acima de 24.

Ouro no Brasil

No Brasil, a extração de ouro, é realizada por empresas de mineração e também por garimpeiros. No passado, o garimpo, foi de grande importância para a produção nacional, mas atualmente vem sofrendo contínua diminuição. Das 50 toneladas de ouro, produzidas no Brasil, em 2007, apenas 5 toneladas vieram do garimpo. Os Estados que se destacam na produção aurífera são Minas Gerais, Pará, Goiás e Bahia.

Produção de ouro no Brasil

Duas formas destacam-se na atividade produtiva de ouro no Brasil: a produção industrial realizada por empresas, legalmente estruturadas; e a produção rudimentar, desempenhada por garimpeiros.

A extração do minério a partir de jazidas é realizada pelas empresas após a pesquisa dessas jazidas, geralmente encontradas em depósitos primários.

Os depósitos secundários são, prioritariamente, utilizados pelos garimpeiros, com técnicas rudimentares ou semimecanizadas, quase sempre com baixa produtividade, em decorrência da inexistência de pesquisa geológica prévia que permita um melhor conhecimento da jazida, associada à carência de técnicas para melhor recuperação do metal.

Em 1988 a produção através do garimpo chegou a atingir aproximadamente 90 toneladas de ouro.

[...]

Em 1991, apesar da produção brasileira de ouro ter caído, permaneceu no ranking internacional em sétimo lugar.

Em 1992, com o baixo preço do ouro e a elevação do preço do combustível obteve a contribuição para a contínua queda na atividade garimpeira, pois houve uma elevação dos custos de produção.

A partir de 1993, o Brasil caiu no ranking da posição 7º para 8º lugar, pelo declínio da atividade garimpeira.

Com a Revisão Constitucional, em 1995, eliminou-se a limitação à participação em mineração de empresas estrangeiras constituídas no Brasil.

Em 1996, a CVR (Companhia do Vale do Rio Doce), intensificou sua atividade, atingindo a marca de 18 toneladas de ouro produzidas, no ano seguinte o Brasil ocupou a décima posição no ranking dos países produtores de ouro.

[...]

No ano de 1998, a tendência de queda acentuada do preço do ouro obrigou a paralisação das operações de lavra em algumas áreas como, por exemplo, Mina Grande (MG) e Jacobina (BA), as minas de ouro mais antigas até então em atividade.

Fonte: Balanço Mineral Brasileiro 2001, Brasília, DNPM, 2001.

Cobre, prata e mercúrio

Não tanto quanto o ouro, o metal, a prata e o mercúrio são três metais que apresentam elevada nobreza. São encontrados na *forma nativa e também combinados, formando minérios dos quais é relativamente fácil extraí-los, e, em virtude disso, figuram entre os principais metais conhecidos pelo ser humano.*

Cobre: de fios elétricos a instrumentos musicais

O cobre é um elemento relativamente raro na crosta terrestre, sendo responsável por apenas 0,0068% de sua massa. Mais de 360 minerais de cobre são conhecidos, além da sua ocorrência no *estado nativo*, porém apenas alguns são explorados como minério.

Seu principal é a calcopirita; industrialmente, ela é submetida a um processo que produz Cu_2S , cuja ustulação fornece o cobre metálico com várias impurezas, tais como ferro, zinco, chumbo, níquel, prata e ouro. O produto passa, então, por um processo de purificação, chamado de *refino eletrolítico*, pelo qual se obtém finalmente o cobre, com sua cor marrom-avermelhada característica e com pureza superior a 99,9%.

Esse cobre, de alto grau de pureza, é especialmente útil na indústria de equipamentos elétricos, já que é um ótimo condutor elétrico. Devido à sua baixa tendência à oxidação, é empregado na fabricação de tubulações para água quente, de utensílios domésticos, de moedas e de inúmeras ligas metálicas.

A exploração do cobre no Brasil acontece principalmente no Pará, na Bahia e em Goiás. Como a produção de cobre brasileira não é suficiente para atender às nossas necessidades, o cobre é um dos principais itens de importações de minérios.

Prata: de espelhos a chapas fotográficas

A prata é utilizada, por possuir altíssimo brilho, em espelhos, medalhas e utensílios de mesa – sendo empregada a denominada “prata de lei” que é a liga de 92,5% de prata com 7,5% de cobre. Sendo utilizada também na indústria eletrônica e na de materiais fotográficos não digitais, ela é a responsável por dar os tons de preto e cinza nas fotografias preto e branco.

Seu principal minério é a argentita, que submetido à ustulação fornece prata metálica.

Na produção de prata, o Brasil não se destaca, pois sua produção é da ordem de apenas 19 toneladas anuais.

Mercúrio: a “prata líquida”

Mesmo o mercúrio, sendo mais raro que o ouro, corresponde cerca de $8 \cdot 10^{-6}\%$ da massa da crosta terrestre, suas fontes são mais concentradas, o que torna sua obtenção um pouco mais fácil.

O cinábrio é o seu principal minério, que submetido à ustulação, produz vapor de mercúrio e, quando resfriado à temperatura ambiente, converte-se em um líquido prateado, largamente utilizado pela nossa civilização.

O mercúrio é utilizado em termômetros, barômetros e obturações dentárias. A sua utilização está relacionada com sua nobreza, que não permite ser atacado pelos ácidos presentes na alimentação. Ótimos exemplos de aplicação desse metal são as pilhas de mercúrio, ideais para aparelhos de surdez, relógios e calculadoras de bolso.

Existem alguns perigos na utilização desse metal. Quando os vapores do mercúrio são inalados, e os seus compostos, ingeridos, podem ser facilmente absorvidos pelo nosso organismo, sendo altamente nocivos. Esse metal, quando à temperatura ambiente, evapora lentamente envenenando plantas e animais, sendo contaminados pela cadeia alimentar. É difícil diagnosticar nos estágios iniciais a contaminação, apenas com o aumento de seu teor no organismo torna-se mais clara a contaminação.

Ferro

O ferro só é encontrado na crosta terrestre misturado com outros elementos. Os hititas – povo que habitou a Ásia Menor (atual Turquia) por volta de 1500 a.C. – foram os primeiros a dominar as técnicas de produção do ferro a partir de seus minérios.

O ferro tornou-se importante para nossa civilização porque se trata de um metal com pouca utilidade quando puro, mas se misturado com determinados elementos químicos como carbono, manganês, cromo, níquel, vanádio, molibdênio ou titânio, obtêm-se ligas com propriedade super úteis, fazendo assim do ferro o metal mais empregado da nossa civilização.

O aço é a liga mais importante e conhecida que contém o ferro – formado por ferro e carbono em proporções adequadas.

O ferro é muito utilizado na construção civil, na elaboração do *concreto armado*, que contém em seu interior uma estrutura feita com vergalhões de aço. Apesar de muito utilizado, o ferro apresenta um indesejável problema, não sendo um metal nobre, ele sofre corrosão com facilidade. Em função disso, o ferro não é encontrado na natureza como substância simples, e, para obtê-lo industrialmente, é necessário executar uma reação química envolvendo seus minérios. A *siderurgia* – ramo da metalurgia – que efetua esse processo.

Fabricação do aço

O ferro-gusa é um material de elevada dureza, porém bastante quebradiço. Contém impurezas constituídas, geralmente, de 1,5 a 4,5% de carbono, 0,7 a 3,0% de silício e 0,1 a 0,3% de fósforo.

O aço é fabricado através da purificação do ferro-gusa ainda líquido, logo após a sua saída do forno. Esse líquido é derramado em um enorme recipiente denominado *conversor a oxigênio*, onde há um tubo que lhes injeta gás oxigênio. A reação entre esse gás e as impurezas produz óxidos que, por sua vez, reagem com a cal virgem que é introduzida pelo topo do conversor. O produto desta última reação (escória) flutua no ferro líquido e pode ser então eliminado. Este é o método mais utilizado atualmente para a purificação do ferro-gusa, pois é eficiente e rápido.

Existe aço com ligas com propriedades especiais; um exemplo disso é o aço inoxidável ou aço inox – liga de ferro com 1 a 22% de níquel e 4 a 27% de cromo – usado para fazer talheres, utensílios domésticos e lâminas de barbear. Os trilhos de trem são o exemplo mais conhecido do aço que contém manganês, também a presença de silício em misturas com o aço produz ligas úteis à construção de motores elétricos, geradores e transformadores.

O ferro no Brasil

No Brasil, o principal recurso mineral é o minério de ferro. As reservas medidas, conforme dados oficiais, divulgados em 2007, diz respeito a um número em torno de 33 bilhões de toneladas Mato Grosso do Sul.

A produção anual brasileira corresponde a 300 milhões de toneladas de minério de ferro, ficando entre os grandes produtores mundiais.

Localizado entre os municípios de Belo Horizonte, Congonhas, Mariana e Santa Bárbara, o Quadrilátero Ferrífero, tem cerca de 7 mil quilo metros quadrados, apresenta importantes jazidas de minérios de ferro de alumínio e de manganês, além do ouro nativo. É uma região responsável por mais da metade da produção nacional de minério de ferro, onde boa parte se destina ao exterior.

Estanho e chumbo

Chumbo

A partir de seu minério principal, a cassiterita, mesmo não sendo um metal abundante, o estanho é relativamente simples de se obter. Para que isso ocorra, a cassiterita sofre uma redução ao ser aquecida com o carbono. O estanho resultante desse processo contém carbono e outros metais como impurezas. De forma semelhante à do cobre, o estanho é geralmente purificado através do *processo eletrolítico*, tornando-se um metal prateado, maleável e de ponto de fusão relativamente baixo – 232°C.

Além da utilidade na forma de bronze, o estanho também é empregado em uma liga muito resistente à abrasão, conhecida como metal de *Babbitt*, usada para fazer suportes para eixos (mancais) em ferramentas.

Por ter menor tendência de sofrer oxidação do que o ferro, o estanho reveste o ferro. Porém se houver a retirada, mesmo que parcialmente do estanho, o ferro ficará exposto, em consequência disto irá oxidar.

Entre os principais produtores de estanho encontra-se o Brasil, e isso se deve ao grande crescimento da nossa produção durante a década de 80. Ocorreram dois grandes

momentos no surto de crescimento na produção de cassiterita, naquela década. Em 1982, foi o primeiro, depois de ter entrado em funcionamento a mina Pitinga – Amazonas –, em Rondônia, com a descoberta da potencialidade mineral da área do Bom Fruto, em 1988. Após ter sido explorada, de forma descontrolada pelos garimpeiros, a área do Bom Fruto, passou a ser explorada – com a autorização do governo – por uma mineradora chamada Ebasa. O Brasil atingiu a liderança mundial na produção de cassiterita entre os anos de 1988 a 1990. Em virtude disso, com o aumento do esgotamento do minério, a produção nacional decaiu.

Chumbo

O chumbo, assim como o estanho, não é um metal em grande quantidade na crosta terrestre, corresponde apenas 15 ppm (partes por milhão) – é conhecido desde a Antiguidade pela sua obtenção relativamente simples.

A galena é o seu principal minério, é a partir dela que se obtém o metal por meio de reações químicas. Primeiramente, é feita a ustulação e, em seguida, a redução com carbono. Vale lembrar que na ustulação de seu sulfeto, no chumbo, o metal não é “liberado” como substância simples, mas se combina com oxigênio formando óxido.

O chumbo é utilizado na fabricação de munição, solda eletrônica, baterias para automóveis, protetores contra raios X e radiação nuclear, pois possui grande capacidade de absorção de radiação. Os compostos do chumbo, como o litargírio (PbO) é usado para vitrificar cerâmicas e no processo de vulcanização da borracha. O tetróxido de trichumbo (Pb₃O₄) é empregado na prevenção da ferrugem, na forma de uma tinta chamada de zarcão.

Em 1922, os laboratórios da *General Motors*, utilizaram, como aditivo na gasolina, o composto tetraetilplumbano – mais conhecido como chumbo tetraetila – tornando-o o mais famoso derivado de chumbo.

O chumbo, em sua forma metálica, não é tóxico, porém os compostos de chumbo, quando ingeridos, são altamente nocivos à saúde. O íon Pb²⁺, presentes nesses compostos, atua no organismo inibindo a produção de hemoglobina, causando anemia, vômitos, perda de apetite e dores nas juntas. O uso de compostos de chumbo nas tintas foi proibido, pois quando a tinta começa a descascar é muito fácil entrar em contato com o corpo provocando contaminação.

Manganês e cromo

Esses dois metais, cromo e manganês, destacam-se por melhorarem as propriedades do aço. O cromo torna o aço inoxidável e o manganês incrementa sua resistência mecânica, diminuindo o desgaste e permitindo aplicações às quais o aço normalmente não serviria.

Manganês

Um dos principais produtores do manganês é o Brasil, ficando entre os cinco maiores exploradores do minério, com cerca de 3,2 milhões de toneladas extraídas anualmente, onde mais da metade serve de exportação. O responsável por mais da metade da produção nacional é o estado do Pará.

O manganês é um metal que existe, relativamente, em grande quantidade; constitui 0,11% da crosta terrestre, e sua principal fonte é o minério pirolusita (MnO₂), cuja redução resulta o manganês metálico.

Esse processo de redução pode ser realizado em um forno, por meio da redução com o carbono, que funciona como agente redutor. Como geralmente a aplicação desse metal está ligada ao ferro, no alto-forno siderúrgico acrescenta-se uma mistura de minérios de ferro e manganês, resultando assim o aço-manganês, um material duro, aderente e resistente ao desgaste.

Quando se deseja obter o metal puro, o processo utilizado é outro, denominado aluminotermia, onde o agente redutor utilizado é o alumínio, que ao reagir com a pirolusita, se combina com o oxigênio e “libera” o manganês.

Os compostos de manganês são muito utilizados nas pilhas comuns, alcalinas, o dióxido manganês é uma substância também utilizada na preparação de alguns tipos de vidro e na produção de permanganato de potássio (reagente de ampla utilização em química).

Cromo

No Brasil, a exploração do cromo é feita nos estados da Bahia e Amapá. Atualmente a produção anual desse minério corresponde a 620 mil toneladas anuais, possuindo assim um nível razoável na participação em nível mundial.

De pouca abundância na massa da crosta terrestre, o cromo corresponde a apenas 0,012% dessa massa. Sua obtenção é muito semelhante à do manganês, e pode ser feita reduzindo-se o óxido de cromo com carbono, ou, então, por aluminotermia (no primeiro caso, o metal fica impuro com o carbono, o que não ocorre no processo de aluminotermia).

O cromo, quando exposto ao oxigênio, sofre oxidação, formando o óxido de cromo, que possui uma ótima aderência à superfície do próprio metal. O metal, então, passa a ficar recoberto por uma fina e transparente camada de óxido, impedindo-o de continuar sendo oxidado. Esse fenômeno chamado de *passivação* faz com que o cromo mantenha seu brilho característico que encontramos nos objetos cromados. O aço inox, por sua vez, não recebe aplicação do cromo sobre o aço e, sim é misturado a ele, formando uma liga com teor variável de cromo. Como no caso dos objetos cromados, o aço inox, recebe uma película passivadora que impede a corrosão ulterior.

O procedimento utilizado na indústria para cromar objetos é chamado de *eletrólise*, onde o cromo presente em uma solução aquosa, dissolvido na forma de sal se deposita na peça sob a ação de corrente elétrica.

Níquel e zinco

Níquel

O níquel corresponde a apenas 0,01% da crosta terrestre, sendo assim relativamente raro. Seu principal minério é a pentlandita, de fórmula $FeS \cdot NiS$, para a produção do níquel a partir dele, submete-se o NiS , primeiramente, à ustulação e, em seguida, executa-se a redução com carbono.

Aproximadamente 70% da produção mundial desse metal é utilizada na fabricação de aços especiais, aos quais oferece resistência mecânica e química. Uma vez que o níquel metálico é prateado, brilhante, maleável e dúctil, também se torna útil no revestimento de objetos de aço pelo processo denominado de niquelação, passivando e protegendo a peça contra corrosão. Nas indústrias química, farmacêutica e alimentícia é utilizado como catalisador.

No Brasil, as maiores jazidas de minério de níquel se encontram em Goiás, também o município de Niquelândia – nordeste de Brasília – é responsável por boa parte da produção nacional.

Zinco

O zinco corresponde a 0,007% da massa da crosta terrestre, ou seja, é escasso na superfície do planeta. É obtido, principalmente, do minério chamado blenda ou esfalerita, por meio de uma sequência de etapas semelhantes às descritas com o níquel – ustulação seguida de redução com carbono.

É a principal matéria prima da fabricação do ferro galvanizado, muito utilizado para fazer calhas de chuva. O ferro galvanizado é um material que consiste em um ferro revestido por uma camada de zinco, que tem a função de proteger o ferro da oxidação, o que ocorre porque o zinco possui maior facilidade para se oxidar do que o ferro. Desta forma, o zinco se oxida para proteger o ferro, esse processo é chamado de proteção *sacrificial*, pois sacrifica o zinco a fim de proteger o ferro.

Os compostos derivados do zinco também são bastante úteis, como por exemplo, o sulfeno de zinco, que é empregado em telas de televisão, em osciloscópios e em aparelhos laboratoriais que contêm telas detectoras de raios X. O óxido de zinco é um agente que impede o crescimento de fungos, sendo usado em algumas pomadas para a pele.

A produção nacional de zinco corresponde a, aproximadamente, 194 mil toneladas anuais, a extração de minério de zinco é feita em Minas Gerais e Mato Grosso.

Alumínio

O alumínio, depois de ter sido, descoberto passou mais de meio século sem ser produzido industrialmente por falta de um processo economicamente viável para fazê-lo.

O alumínio é utilizado da mais variadas formas. Podemos citar alguns exemplos como: na fabricação de revestimentos de automóveis, aviões e navios, de portões, de janelas, de painéis, de rodas para carro, de antenas de televisão, de “latinhas” de refrigerante, de papel-alumínio e de embalagens para alimentos (tipo “marmitex”).

Contudo, a sua produção não é tão simples como a do ferro, chumbo, estanho e zinco. O processo de redução da *alumina*, proveniente do minério bauxita, é difícil, e precisa ser realizado com auxílio de corrente elétrica. Uma forma economicamente viável para países, como o Brasil, onde o preço da energia elétrica não é muito alto.

A purificação da bauxita

O minério bauxita, de cor marrom-avermelhada, consiste numa mistura em que predomina a *alumina*. O processo de purificação visa separar a *alumina* das outras substâncias presentes na bauxita, notadamente o óxido de ferro. Para isso, utiliza-se o chamado *Processo Bayer*.

Primeiro, a bauxita é fervida juntamente com uma solução aquosa de soda cáustica, o que faz com que o óxido de alumínio, insolúvel em água, se transforme em uma substância solúvel, denominada tetra-hidroxialuminato de sódio. O óxido de ferro,

impureza, não sofre reação durante esse processo; continua estado sólido e pode, assim, ser separado.

O Processo de Héroult-Hall

O alumínio foi obtido, pela primeira vez, em 1825, pelo dinamarquês Hans Christian Oersted. Uma preparação mais cuidadosa foi feita dois anos mais tarde, pelo alemão Friedrich Wöhler. Contudo, o método para obtê-lo era tão caro que não permitia seu uso em larga escala. Foi a partir de 1886, com a descoberta de um processo econômico para sua fabricação, que suas aplicações começaram a se multiplicar, tornando-se conhecido pela população de todos os continentes durante o século XX.

Até 1886, o processo conhecido para a obtenção do alumínio, descoberto em 1825, envolvia reagentes muito caros.

Em 1886, com idade de apenas 23 anos, Charles Martin Hall descobriu uma solução para o problema. Em vez de fundir a alumina, ele a dissolveu em criolina líquida, substância cuja fusão ocorre a cerca de 1000°C.

Coincidentemente, no mesmo ano, Paul-Louis-Toussaint Hérould, jovem francês, também de 23 anos, trabalhando independentemente em seu país, chegou às mesmas conclusões que Hall. Assim, o processo de obtenção de alumínio por via eletrolítica a partir da alumina, ainda hoje, essencialmente o mesmo, é chamado de *Processo de Héroult-Hall*.

No Processo de Héroult-Hall, utilizam-se eletrodos de carvão em contato com a mistura líquida criolita-alumina. O próprio calor dissipado na passagem da corrente elétrica é suficiente para manter a mistura fundida. Num dos eletrodos se forma alumínio, que, estando a uma temperatura maior do que a de seu ponto de fusão, escorre líquido para o fundo, sendo removido a intervalos regulares. No outro se forma gás oxigênio, que reage com o carvão, produzindo gás carbônico e desgastando o eletrodo (que é periodicamente substituído).

Exploração de bauxita no Brasil

O Brasil está entre os cinco maiores produtores de bauxita do mundo; nossa produção anual é de 22 milhões de toneladas. A Serra do Oriximiná – Vale do Rio Trombetas – corresponde à maior parte dessa produção, onde em 1966 foram descobertos os primeiros depósitos desse minério.

Algumas reflexões de ordem científica, legal e social

A exploração dos recursos minerais é a fonte de progresso para uma nação e envolve amplas questões científicas, tecnológicas, ambientais, legais, econômicas, políticas, ideológicas e, sobretudo, sociais.

Encarar a exploração mineral como uma atividade isenta de desdobramentos é ingenuidade e em nada contribui para o verdadeiro progresso de um povo.

A exaustão das jazidas

São extensas as reservas brasileiras de recursos minerais, porém isso não quer dizer que elas sejam extintas ou cheguem à exaustão. Com o grande avanço tecnológico, é difícil imaginarmos nossas vidas sem objetos metálicos.

Para impedir a exaustão, ou até mesmo a extinção, dessas reservas precisamos utilizar-nos de meios alternativos em lugar dos metais. A reciclagem é uma excelente opção para o reaproveitamento de metais que, anteriormente, já foram utilizados. O alumínio é um exemplo de que podemos reciclar e reaproveitar os materiais feitos desse metal. A obtenção por meio do Processo de Héroult-Hall, para cada quilograma de metal produzido, gastam-se 11 mil quilojoules de energia elétrica, entretanto se fizermos a reciclagem desse material a quantidade de energia utilizada reduz para 967 quilojoules, representando uma economia de 91% de energia.

Algumas considerações sociais

Utilizamos os metais em nossas vidas desde instrumentos musicais a trilhos de metrô e laboratórios de pesquisa. Contudo, não podemos esquecer que uma fração da população brasileira não tem acesso ao conforto proporcionado pelo avanço tecnológico.

Nossa população se compõe de outros segmentos sociais, além de simples usuários dos produtos finais das atividades mineradoras e metalúrgicas. Existem pessoas envolvidas, direta ou indiretamente, na exploração dos recursos minerais. Em relação aos garimpeiros, mesmo nos garimpos mais promissores, muitos conseguem apenas o sustento para a própria subsistência. O lucro obtido nessas explorações concentra-se nas mãos de poucos e poderosos. Consideravelmente, a distribuição da renda nacional é uma das piores do mundo.

Valor agregado e capital estrangeiro

O Brasil, pelas suas próprias características históricas, possui um perfil de país exportador de obra-prima. Nossa capacidade de agregar valor é precária e só tem chances de aumentar com investimentos em Ciência e Tecnologia. Esses, por sua vez, são pequenos sob a alegação de que faltam recursos ao estado.

Como os preços dos minérios vêm, em geral, diminuindo no mercado internacional, durante as duas últimas décadas, isso só vem agravando o quadro de expropriação de minerais brasileiros.

Diante dessa realidade, parece claro que o Brasil deve permitir o investimento estrangeiro na mineração nacional, objetivando proporcionar um mínimo de crescimento econômico que permita, inclusive, o investimento de capital em Ciências e Tecnologia, tão necessário às universidades e às indústrias nacionais.

Problemas ambientais

A exploração de recursos minerais está diretamente ligada à preservação ambiental. Para citarmos um exemplo apenas, o desmatamento e que acompanha a exploração de minérios na região amazônica, nos faz pensar na relação custo/benefício de tal prática.

Embora na Constituição brasileira, em seu Artigo 225, Parágrafo 2, conste que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”, as explorações minerais, frequentemente, acontecem longe dos centros urbanos, e longe dos olhares do público e da imprensa. Soma-se a isso a ineficiência do governo em executar uma rígida fiscalização sobre todas as inúmeras regiões de

exploração mineral, o que configura um quadro de depredação ambiental mais difícil de reverter quanto mais adiantado estiver.

A produção de metais a partir de minérios que contenham enxofre libera, na ustulação, o poluente SO₂, responsável pelo fenômeno da chuva ácida. O mercúrio utilizado nos garimpos e, inadvertidamente, lançado às águas dos rios representa sérios riscos. O descarte de forma indevida de baterias que contêm chumbo ou cádmio lança perigosos poluentes no meio ambiente.

Muitos atribuem a culpa desses acontecimentos à Química, porém isso é um falacioso. A Química, muito pelo contrário, pode oferecer a saída para os problemas que são consequências das práticas industriais. O conhecimento dos conceitos básicos e sua aplicação a situações práticas têm permitido, além de diminuir a poluição ambiental, aumentar a lucratividade e as contribuições sociais e ambientais da indústria.

A humanidade possui hoje conhecimento suficiente para resolver os problemas que ela mesma causou. Resta saber se haverá boa vontade e lucidez para encontrar os caminhos e buscar as soluções.

3. CHALMERS, A. F. O que é ciência afinal? Tradução de R. Fifer. São Paulo: Brasiliense, 2009.

O homem iniciou uma jornada, há muito tempo atrás em busca do conhecimento, ou seja, possíveis respostas a certas questões referentes a problemas do seu dia a dia. Algumas destas respostas eram, muitas vezes, explicadas de forma mística à medida que utilizavam a mitologia para explicá-las.

Desta forma, o homem passou a questionar estas respostas e a buscar explicações mais plausíveis, por meio da razão, excluindo suas emoções e suas crenças religiosas, passou a obter respostas mais realistas que, demonstradas, muitas vezes ingenuamente, se aproximavam mais da realidade das pessoas e por isto, talvez, passaram a ser bem aceitas pela sociedade.

Assim, pode-se dizer que essa nova forma de pensar do homem, foi que criou a possibilidade do surgimento da ideia de ciência e que sua tentativa de explicar os fenômenos, por meio da razão, foi o primeiro passo para se fazer ciência. Mas o que é ciência afinal?

Portanto Chalmers (1993), através dos seus escritos “O que é a Ciência Afinal?”, tenta descrever o surgimento da ideia sobre o que é a ciência.

O conhecimento científico é derivado de maneira rigorosa da obtenção dos dados e da experiência adquiridos por observação e experimento.

Desta forma, Chalmers (1993), diz que o raciocínio indutivo mantém uma situação que se sustenta em todos os casos observados, então, depois de completar uma série de experimentos que suportam a Terceira Lei, está justificado manter que a lei se sustente em todos os casos.

Assim, consegue-se definir a diferença entre o senso comum e o conhecimento científico.

O senso comum é formado por sentimentos, desejos e misticismo.

O conhecimento científico é formado através da razão e de forma metodologicamente rigorosa procurando excluir, do seu contexto, as emoções, as crenças religiosas e os desejos do homem.

Isto quer dizer que há uma relação entre estes conhecimentos, pois se pode observar uma continuidade entre o pensamento científico e o senso comum.

O autor Chalmers, cita alguns exemplos que podem ser parte do conhecimento científico:

Da astronomia: Os planetas se movem em elipses em torno de seu Sol.

Da física: Quando um raio de luz passa de um meio para outro, muda de direção de tal forma que o seno do ângulo de incidência dividido pelo seno do ângulo de refração é uma característica constante do par em média.

Da psicologia: Animais em geral têm uma necessidade inerente de algum tipo de liberdade agressiva.

Da química: Os ácidos fazem o tornassol ficar vermelho. (1993, p.25)

A comunidade científica pode ter criado a expressão "senso comum", como uma forma de diferenciar o cientista do cidadão comum, causando certa polêmica, mas o que nos interessa é que, atualmente, essa mesma comunidade científica, procura enveredar os caminhos da busca do conhecimento científico para possibilitar um maior avanço da ciência.

Isto porque, segundo eles, deve-se aprender a inventar soluções novas abrindo portas até então fechadas e a descobrir novas trilhas, devemos procurar a aprender maneiras novas de sobrevivência.

O autor Chalmers (1993), cita o autor Francis Bacon, que afirma que ao observar a indução e descrever fatos empíricos, organizar e transpor em uma linguagem matemática, as sensações particulares, os axiomas mais gerais, descobre axiomas intermediários, dando-se pouca ênfase à elaboração de hipóteses.

A indução consiste em afirmar acerca de todos, aquilo que foi possível observar em alguns, ou seja, através de uma amostra definimos uma teoria genérica, incluindo elementos que não faziam parte dessa amostra/estudo.

Desta forma, a indução faz a generalização, isto é, cria proposições universais a partir de proposições particulares. É, portanto, uma forma de raciocínio pouco credível e muito mais susceptível de refutação. Esta operação mental foi desenvolvida por [Aristóteles](#).

Exemplo: Joaquim joga basquete e é alto. Paulo joga basquete e é alto. Portanto todo jogador de basquete é alto.

A indução pode ser completa ou incompleta:

Completa - Faz a enumeração de casos particulares, para chegar a uma síntese ou proposição geral. Não faz comparação entre o predicado e o sujeito, fazendo apenas a redução de várias proposições a uma preposição geral.

Incompleta - É a passagem de um juízo particular a um juízo universal. Quanto maior o número de experiências, menor é a incerteza. Quando o número de experiências for suficientemente grande, permite-nos formular uma lei, daí a ciência recorrer a este tipo de indução

Neste sentido, o autor Chalmers (1993), diz que explicar o porquê da indução comumente tem sido um tanto problemático. Não se pode usar a dedução, o processo usual de se mover logicamente de premissa à conclusão, porque não há um simples silogismo que permite tal movimento. Não importa quantas vezes os biólogos do século XVII observaram cisnes brancos, e em quantas diferentes localizações, não há nenhuma via dedutiva que leve à conclusão de que todos os cisnes são brancos. Isto é assim também, desde que a conclusão teria sido errada, como se tornou mais tarde.

Similarmente, é ao menos possível que uma observação será feita amanhã que mostre uma ocasião em que uma ação não é acompanhada por uma reação; o mesmo é verdade para qualquer lei científica.

Uma resposta tem tido de conceber uma forma diferente de argumento racional, uma que não confie em dedução.

A dedução permite alguém a formular uma verdade específica de uma verdade geral: todos os corvos são pretos; isto é um corvo; então é preto.

A indução meramente permite alguém a formular a probabilidade da verdade de uma série de observações específicas: isto é um corvo e é preto; isto é um corvo e é preto; então a nossa amostra de corvos demonstram que corvos são pretos.

Segundo Chalmers (1993), existem duas suposições importantes na posição indutivista ingênua em relação à observação. Uma é que a ciência começa com a observação. A outra é que a observação produz uma base segura da qual o conhecimento pode ser derivado.

Neste sentido, constata-se que há quem discorde desta concepção e mostre que estes indutivistas estão equivocados, pois de acordo com a explicação indutivista da ciência, a base segura sobre a qual as leis e teorias que constituem a ciência se edificam é constituída de proposições de observação públicas e não de experiências subjetivas, privadas, de observadores individuais.

A explicação indutivista requer a derivação de afirmações universais a partir de afirmações singulares, por indução. Pode-se dizer que experiências perceptivas são acessíveis a um observador, mas proposições de observação não o são. É notório que as proposições de observação como formadora da base da ciência pode ver alguma teoria que precede todas as proposições de observação e que elas são sujeitas a falhas quanto as teorias que pressupõe.

Uma vez que a atenção é focada sobre as proposições de observação, como formando a base segura alegada para a ciência, pode-se ver que, contrariamente a reivindicação do indutivista, algum tipo de teoria deve preceder todas as proposições de observação e elas são tão sujeitas a falhas quanto às teorias que pressupõem. (CHALMERS, 1993)

Assim, o relato indutivista ingênuo da ciência foi solapado pelo argumento de que as teorias devem preceder as proposições de observação, então é falso afirmar que a ciência começa pela observação. As proposições de observação são tão sujeitas às falhas quanto às teorias que elas pressupõem e,

portanto, não formam uma base segura para a construção de leis e teorias científicas.

A ciência não começa com proposições de observação porque algum tipo de teoria as precede; as proposições de observação não constituem uma base firme na qual o conhecimento científico possa ser fundamentado porque são sujeitas às falhas. Contudo, não quero afirmar que as proposições de observação não deveriam ter papel algum na ciência. Não estou recomendando que todas elas devam ser descartadas por serem falíveis. Estou simplesmente argumentando que o papel que os indutivistas atribuem às proposições de observação na ciência é incorreto. (CHALMERS, 1993).

Diante do que foi exposto até aqui posso afirmar que a observação depende sim da teoria, pois as teorias podem ser, e geralmente são, concebidas antes de serem feitas as observações necessárias para testá-las.

Outro princípio utilizado de usar a lógica para justificar afirmações científicas pela ciência formalmente discutida por Karl Popper é a falseabilidade. Esse princípio afirma que a fim de ser útil (ou mesmo completamente científica), uma afirmação científica ("fato", teoria, "lei", princípio, etc.) tem de ser falsificável, isto é, capaz de ser provada como errada. Sem essa propriedade, seria difícil (se não impossível) testar a afirmação científica contra a evidência. A meta da falsificação é reintroduzir o raciocínio dedutivo dentro do debate. Não é possível deduzir uma afirmação geral de uma série de afirmações específicas, mas é possível para uma afirmação específica provar que uma afirmação geral é falsa. Encontrar um cisne negro pode ser suficiente para mostrar que a afirmação geral de que "todos os cisnes são brancos" é falsa.

A falseabilidade ordenadamente escapa do problema da indução, porque ela não faz uso do raciocínio indutivo. Contudo, ela introduz suas próprias dificuldades. Quando uma aparente falsificação ocorre, é sempre possível inserir uma adição a uma teoria que a fará desfalsificada. Então, por exemplo, ornitologistas poderiam simplesmente ter argumentado que o grande pássaro preto encontrado na Austrália não era um membro do gênero *Cygnus*, mas de algum outro, ou talvez algum novo.

O problema com o falsificacionismo é que há teorias científicas que não são conclusivamente falsificáveis. Isto é, é sempre possível adicionar hipóteses

ad hoc a uma teoria para salvá-la da falsificação. Um julgamento de valor está então envolvido na rejeição de qualquer teoria.

Na concepção dos falsificacionistas a observação é orientada pela teoria e a pressupõe. Eles abandonam qualquer afirmação que fazem supor que as teorias podem ser estabelecidas como verdadeiras ou como provavelmente verdadeiras à luz da evidência observativa. Para eles as teorias propostas devem ser testadas por observação e por experimentação. Teorias que não passarem nos testes devem ser abandonadas e substituídas por outras.

Uma vez propostas, as teorias especulativas devem ser rigorosa e inexoravelmente testadas por observação e experimento. Teorias que não resistem a testes de observação e experimentais devem ser eliminadas e substituídas por conjecturas especulativas ulteriores. A ciência progride por tentativa e erro, por conjecturas e refutações. Apenas as teorias mais adaptadas sobrevivem. (CHALMERS, 1993).

A visão falsificacionista vê a ciência como um conjunto de hipóteses que são experimentalmente propostas com a finalidade de descrever ou explicar o comportamento de algum aspecto do mundo ou do universo. Para eles toda hipótese ou conjunto de hipóteses deve satisfazer para ter garantido o status de lei ou teoria científica. Para fazer parte da ciência uma teoria deve ser falsificável.

O falsificacionista exige que as hipóteses científicas sejam falsificáveis “[...] Uma lei ou teoria científica idealmente nos daria alguma informação sobre como o mundo de fato se comporta, eliminando assim as maneiras pelas quais ele poderia (é lógico) possivelmente se comportar.” (CHALMERS: 1993 p. 67)

Até aqui vimos os relatos tradicionais da ciência, do indutivismo e do falsificacionismo que, ao contrário da teoria da ciência de Kuhn, que fundou o Relativismo, não realizaram uma tentativa de fornecer uma teoria mais corrente com uma situação histórica. Kuhn faz essa tentativa dando ênfase ao caráter revolucionário do progresso científico, em que uma revolução científica implica no abandono de uma estrutura teórica (paradigma) e sua substituição por outra diferente e incompatível. Ele acreditava que uma ciência madura é governada por um único paradigma. O paradigma determina os padrões para o trabalho legítimo dentro da ciência que governa. Ele coordena e dirige a atividade de "solução de charadas" do grupo de cientistas normais que trabalham em seu

interior. A existência de um paradigma capaz de sustentar uma tradição de ciência normal é a característica que distingue a ciência da não ciência (CHALMERS, 1993).

Diante de tudo que foi exposto podemos chegar a uma noção do que vem a ser ciência através de algumas concepções aqui abordadas sobre a produção do conhecimento científico. Assim, posso dizer que "ciência" é a busca de ordem através de paradigmas que possibilite conhecer como o mundo se comporta em busca de soluções, por meio da razão, de questões de enigmas que possam ser transformadas em conhecimentos que possibilitem novas maneiras de sobrevivência do homem.

Dentro deste contexto, se citar Nicolau Copérnico mostrou que o sol fica no centro do sistema, mas, acreditava que a órbita da terra era uma circunferência perfeita, o que era errado, mas, o alemão Kepler (1571 a 1630) o corrigiu, mostrando que a distância da terra e do sol é variável, em forma de elipse.

Copérnico acreditava que a Terra era apenas mais um planeta que concluía uma órbita em torno de um sol fixo todo ano e que girava em torno de seu eixo todo dia. Ele chegou a essa correta explicação do conhecimento de outros planetas e explicou a origem dos equinócios corretamente, através da vagarosa mudança da posição do eixo rotacional da Terra. Ele também deu uma clara explicação da causa das estações. O eixo de rotação da terra não é perpendicular ao plano de sua órbita.

Em sua teoria, Copérnico descrevia mais círculos, os quais tinham os mesmos centros, do que a teoria de Ptolomeu (modelo geocêntrico). Apesar de Copérnico colocar o Sol como centro das esferas celestiais, ele não fez do Sol o centro do universo, mas perto dele.

Do ponto de vista experimental, o sistema de Copérnico não era melhor do que o de Ptolomeu. E Copérnico sabia disso, e não apresentou nenhuma prova observacional em seu manuscrito, fundamentando-se em argumentos sobre qual seria o sistema mais completo e elegante.

Até aproximadamente 1700, poucos astrônomos foram convencidos pelo sistema de Copérnico. Entretanto, muitos astrônomos aceitaram partes de sua teoria, e seu modelo influenciou muitos cientistas renomados que viriam a fazer

parte da história, como Galileu e Kepler, que conseguiram assimilar a teoria de Copérnico e melhorá-la.

As observações de Galileu das fases de Vênus produziram a primeira evidência observacional da teoria de Copérnico. Além disso, as observações de Galileu das luas de Júpiter provaram que o sistema solar contém corpos que não orbitavam a Terra.

O sistema de Copérnico pode ser resumido em algumas proposições, assim como foi o próprio Copérnico a listá-las em uma síntese de sua obra-mestra, que foi encontrada e publicada em 1878.

As principais partes da teoria de Copérnico são:

- Os movimentos dos astros são uniformes, eternos, circulares ou uma composição de vários círculos (epiciclos).
- O centro do universo é perto do Sol.
- Perto do Sol, em ordem, estão Mercúrio, Vênus, Terra, Lua, Marte, Júpiter, Saturno, e as estrelas fixas.
- A Terra tem três movimentos: rotação diária, volta anual, e inclinação anual de seu eixo.
- O movimento retrógrado dos planetas é explicado pelo movimento da Terra.
- A distância da Terra ao Sol é pequena se comparada à distância das estrelas.

Se essas proposições eram revolucionárias ou conservadoras era um tópico muito discutido durante o vigésimo século. Thomas Kuhn argumentou que Copérnico apenas transferiu algumas propriedades, antes atribuídas a Terra, para as funções astronômicas do Sol. Outros historiadores, por outro lado, argumentaram a Kuhn, que ele subestimou quão revolucionárias eram as teorias de Copérnico, e enfatizaram a dificuldade que Copérnico deveria ter em modificar a teoria astronômica da época, utilizando apenas uma geometria simples, sendo que ele não tinha nenhuma evidência experimental.

Os paradigmas levantados por Thomas S. Kuhn, ocupou-se principalmente do estudo da história da ciência, no qual mostra um contraste entre duas concepções da ciência:

Por um lado, a ciência é entendida como uma atividade completamente racional e controlada.

Em outro lado, a ciência é entendida como uma atividade concreta que se dá ao longo do tempo e que em cada época histórica apresenta peculiaridades e características próprias.

Neste sentido, o enfoque historicista de Kuhn são determinadas pelas seguintes fases:

1. Comentários de um paradigma;
2. Paradigmas e ciência normal;
3. Crise e Revolução;
4. A função da ciência normal e das revoluções.

A noção de paradigma, neste enfoque historicista, não é mais que uma macro teoria, um marco ou perspectiva que se aceita de forma geral por toda a comunidade científica (conjunto de cientistas que compartilham um mesmo paradigma e realizam a mesma atividade científica) e a partir do qual se realiza a atividade científica, cujo objetivo é esclarecer as possíveis falhas do paradigma ou extrair todas as suas consequências.

Os paradigmas e a ciência normal é o período durante o qual se desenvolve uma atividade científica baseada num paradigma. Esta fase ocupa a maior parte da comunidade científica, consistindo em trabalhar para mostrar ou pôr a prova a solidez do paradigma no qual se baseia.

Porém, em determinadas ocasiões, o paradigma não é capaz de resolver todos os problemas, que podem persistir ao longo de anos ou séculos inclusive, e neste caso o paradigma gradualmente é posto em cheque, e começa-se a considerar se é o marco mais adequado para a resolução de problemas ou se deve ser abandonado. Então é quando se estabelece uma crise, que ademais supõe a proliferação de novos paradigmas que competem entre si tratando de impor-se como o enfoque mais adequado.

Finalmente se produz uma revolução científica quando um dos novos paradigmas substitui ao paradigma tradicional. A cada revolução o ciclo inicia de novo e o paradigma que foi instaurado dá origem a um novo processo de ciência normal.

Desta maneira, o enfoque historicista dá importância a fatores subjetivos que anteriormente foram passados por alto na hora de explicar o processo de investigação científica.

Kuhn mostra que a ciência não é só um contraste entre teorias e realidade, senão que há diálogo, debate, tensões e até lutas entre os defensores de distintos paradigmas.

Nesse debate ou luta onde se demonstra que os cientistas não são só absolutamente racionais, não podem ser objetivos, pois nem a eles é possível afastar-se de todos os paradigmas e compará-los de forma objetiva, senão que sempre estão imersos em um paradigma e interpretam o mundo conforme o mesmo. Isto demonstra que na atividade científica influi tanto interesses científicos, como subjetivos, como por exemplo, a existência de coletividades ou grupos sociais a favor ou contra uma teoria concreta, ou a existência de problemas éticos, de tal maneira que a atividade científica vê-se influenciada pelo contexto histórico-sociológico em que se desenvolve.

Epistemologicamente falando, Thomas Kuhn se guia por um paradigma para estudar a formação dos paradigmas.

O conflito entre os pontos de vista de Kuhn, por um lado, de Lakatos e também de Popper, por outro, deu ocasião a um debate quanto às duas posições contrastantes associadas com os termos “racionalismo” e “relativismo” respectivamente.

O debate diz respeito às questões de avaliação de teorias e sua escolha, e a diferenciar a ciência da não ciência. Caracteriza-se as duas posições que representam os extremos como racionalismo e relativismo, segundo a extensão em que Lakatos e Kuhn podem ser legitimamente caracterizados como racionalistas ou relativistas.

O racionalista extremado afirma que há um critério único, atemporal e universal com referência ao qual se podem avaliar os méritos relativos de teorias rivais.

Um indutivista pode aceitar como o seu critério universal o grau de corroboração indutiva que uma teoria recebe dos fatos aceitos, ao passo que um falsificacionista pode basear o seu critério no grau de falsificabilidade de teorias não falsificadas. Sejam quais forem os detalhes da formulação do critério por um racionalista, uma característica importante é sua universalidade e seu caráter não histórico.

O critério universal será invocado quando se julgar os méritos relativos da física de Aristóteles e de Demócrito, a astronomia ptolemaica e a copernicana, a psicologia freudiana e a behaviorista ou o big bang e as teorias do estado constante do universo.

O racionalista extremado vê as decisões e as escolhas dos cientistas como sendo guiadas pelo critério universal. O cientista racional rejeitará as teorias que deixem de corresponder a ele, e, ao escolher entre duas teorias rivais, escolherá aquela que melhor corresponda a ele. O racionalista típico acreditará que as teorias que se conformam às exigências do critério universal são verdadeiras, ou aproximadamente verdadeiras, ou provavelmente verdadeiras.

O racionalista acha a distinção entre a ciência e a não ciência fácil de compreender. São científicas apenas aquelas teorias capazes de ser claramente avaliadas em termos do critério universal e que sobrevivem ao teste. É assim que um racionalista indutivista poderá decidir que a astrologia não é uma ciência por não ser derivada indutivamente dos fatos da observação, enquanto um falsificacionista poderá decidir que o marxismo não é científico por não ser falsificável.

O racionalista típico aceitará como evidência, que se deva dar um alto valor ao conhecimento desenvolvido segundo o critério universal. Ainda mais se compreender o processo como meio de se chegar à verdade. A verdade, a racionalidade e a ciência, portanto, são vistas como sendo intrinsecamente boas.

Desta forma, o relativista nega que haja um padrão de racionalidade universal não histórico, em relação ao qual possa se julgar que uma teoria é melhor que outra. Aquilo que é considerado como melhor ou pior em relação às teorias científicas variará de indivíduo para indivíduo e de comunidade para comunidade.

O objetivo da busca do conhecimento dependerá do que é importante ou daquilo que é valorizado pelo indivíduo ou comunidade em questão. Por exemplo, o controle material sobre a natureza receberá um alto *status* entre as sociedades capitalistas do Ocidente, tipicamente, mas receberá um *status* baixo numa cultura em que o conhecimento é projetado para produzir sentimentos de contentamento ou de paz.

O dito do velho filósofo grego Protágoras “o homem é a medida de todas as coisas” expressa um relativismo quanto aos indivíduos, ao passo que o comentário de Kuhn, de que “não há padrão mais alto que o assentimento da comunidade relevante”, expressa um relativismo em relação às comunidades.

As decisões e as escolhas feitas por cientistas ou grupos de cientistas serão governadas por aquilo a que aqueles indivíduos ou grupos atribuem valor.

Em uma dada situação não há um critério universal que dite uma decisão logicamente convincente para o cientista “racional”. Uma compreensão das escolhas feitas por um cientista específico requererá uma compreensão daquilo que o cientista valoriza e envolverá uma investigação psicológica, enquanto as escolhas feitas por uma comunidade dependerão daquilo que ela valoriza e uma compreensão destas escolhas envolverá uma investigação sociológica.

O relato de Boris Hessen da adoção da física newtoniana no século XVII como uma resposta às necessidades tecnológicas da época, pode ser lido como um relato relativista com relação às comunidades, enquanto a afirmação de Feverabend, de que é a “ligação interna de todas as partes do sistema (copernicano) juntamente com sua crença na natureza básica do movimento circular que faz com que Copérnico diga que o movimento da terra é real”, é um comentário coerente com um relativismo em relação aos indivíduos.

Desta forma, uma teoria das marés baseada na atração da lua constituía boa ciência para os newtonianos, mas beirava o misticismo ocultista para Galileu, enquanto na sociedade contemporânea a teoria de Marx da mudança histórica é boa ciência para alguns e propaganda para outros.

Para o relativista extremado a relação entre ciência e não ciência torna-se muito mais arbitrária e menos importante do que o é para o racionalista.

Um relativista negará a existência de uma categoria única, a “ciência”, que é intrinsecamente superior a outras formas de conhecimento, embora muito possivelmente aconteça que indivíduos ou comunidades deem alto valor àquilo a que geralmente se conhece como ciência.

Se a “ciência” (o relativista pode muito bem estar inclinado a usar aspas) é altamente respeitada em nossa sociedade, isto deve então ser compreendido analisando-se a nossa sociedade, e não simplesmente analisando a natureza da ciência.

Alguns dos escritos de Lakatos indicam que ele desejava defender uma posição semelhante àquela que chamei de racionalismo, e que ele via com horror a posição que rotulei de relativismo, uma versão da qual ele atribuiu a Kuhn. Segundo Lakatos, o debate “tem a ver com nossos valores intelectuais centrais”.

A retórica de Lakatos não deixa, portanto, muito espaço para a dúvida quanto ao fato de que ele desejava defender uma posição racionalista e deplorava a posição relativista.

O critério universal de Lakatos para a avaliação de teorias segue-se de seu princípio de que “a metodologia dos programas de pesquisa científica é “mais adequada para a aproximação da verdade em nosso universo real que qualquer outra metodologia”.

Enquanto Lakatos realmente propôs algo que pretendia ser um critério universal da racionalidade ou cientificidade, ele não considerava este critério como uma consequência só da lógica, ou como tendo sido algum tipo de dádiva divina. Considerava-o como uma conjectura testável. A adequação da conjectura deveria ser testada confrontando-a com a história da ciência, ou, mais precisamente, dado o trabalho histórico realizado por Lakatos e seus seguidores, confrontando-a com a história da física.

As teorias de Lakatos ganham corroboração se puderem demonstrar que episódios na história da ciência, que foram inexplicáveis em termos de metodologias rivais, são explicáveis nos termos da metodologia dos programas de pesquisa.

Por exemplo, o estudo que Worrall faz da rejeição da teoria ondular da luz de Thomas Young e a retenção da teoria corpuscular de Newton no começo do século XIX apoiam Lakatos. A rejeição da teoria de Young, que apresenta problemas do ponto de vista das metodologias rivais e que havia sido explicada por teorias facilmente desacreditadas, como por um recurso a um culto ao herói por Newton.

É demonstrada por Worrall como estando em completa harmonia com a metodologia de Lakatos. Uma segunda maneira pela qual a metodologia de Lakatos poderia ser concebivelmente corroborada é a seguinte: a metodologia pode servir para identificar um programa que recebeu um forte apoio da comunidade científica, mas que não se conforma com a sua metodologia ultrapassada por um rival, e mesmo depois Lakatos fracassou ao oferecer um

relato racionalista da ciência em que muitos de seus comentários indicavam que era sua intenção fazê-lo.

Segundo Lakatos, um campo de indagação é uma ciência caso se conforme à metodologia dos programas de pesquisa científicos e não o é se não se conforma, sempre tendo em mente que se trata de uma conjectura a ser testada na história da física.

Está claro que Lakatos tinha como pressuposto que a física constitui o paradigma da racionalidade e da boa ciência. Ele supunha, sem argumento, que a ciência, tal como exemplificada na física, é superior às formas de conhecimento que não compartilham suas características metodológicas. Num momento ele considera a afirmação de que “a física possui uma verossimilhança maior que a astrologia” plausível e pergunta por que ela não deve ser aceita enquanto não for oferecida uma alternativa séria.

Aparentemente grande parte da resposta havia sido prevista por ele desde o início e sem argumento. Lakatos supôs que qualquer campo de indagação que não compartilhe das características principais da física não é uma ciência e é inferior a ela do ponto de vista da racionalidade.

Kuhn menciona certo número de critérios, que podem ser usados para avaliar se uma teoria é melhor que uma teoria rival. Eles incluem precisão de previsão, especialmente da previsão quantitativa; o equilíbrio entre os assuntos esotéricos e os cotidianos; o número de problemas diferentes resolvidos e, também, embora não tão importantes, simplicidade, escopo e compatibilidade com outras especialidades.

Os Critérios constituem os valores da comunidade científica. Os meios pelos quais são especificados estes valores devem, em última análise, ser psicológicos ou sociológicos. Isto é, devem ser uma descrição de um sistema de valores, de uma ideologia, juntamente com uma análise das instituições através das quais o sistema é transmitido e executado.

Estes aspectos da posição de Kuhn são correspondentes à minha caracterização do relativismo. Se uma teoria é ou não melhor que outra é um assunto a ser julgado em relação aos padrões da comunidade apropriada, e os padrões variarão, tipicamente, com o cenário histórico e cultural da comunidade.

O relativismo de Kuhn está enfatizado nas sentenças de conclusão do pós-escrito à Estrutura das Revoluções Científicas. O conhecimento científico,

como a linguagem, é intrinsecamente a propriedade comum de um grupo ou então não é nada. Para compreendê-lo será necessário que saibamos as características especiais dos grupos que a criam e usam.

Kuhn nega ser um relativista. Isto faria parecer que Kuhn é um racionalista especificando um critério universal, em relação ao qual podem ser avaliados os méritos relativos das teorias, a saber, sua habilidade em resolver problemas. Não sou de opinião de que a afirmação de Kuhn de que sua posição não é relativista, pode ser sustentada.

As considerações baseadas na habilidade em resolver problemas não são convincentes nem individual nem coletivamente no que se refere aos méritos relativos dos paradigmas competitivos e que considerações estéticas (segundo as quais pode-se dizer que a nova teoria é a mais 'elegante', 'mais adequada' ou 'mais simples' que a antiga) podem algumas vezes ser decisivas.

O relato da ciência do próprio Kuhn implica que o que deve ser considerado como um problema é dependente do paradigma ou da comunidade. Meu exemplo pessoal preferido refere-se ao peso atômico e molecular dos elementos que ocorrem naturalmente e os compostos no século XIX.

Na época, estas determinações precisas constituíam problemas importantes. Pode-se apreciar, do ponto de vista do século XX, que os compostos que ocorrem naturalmente contêm algo que, do ponto de vista da química teórica, é uma mistura de isótopos arbitrária e teoricamente desinteressante, de modo que, como comentou F. Soddy, o cuidadoso esforço dos químicos do século XIX aparece como sendo de tão pouco interesse e significado quanto à determinação do peso médio de uma coleção de garrafas, algumas cheias e outras mais ou menos vazias.

Enquanto Kuhn assegura que em algum sentido a ciência progride, ele nega, sem ambiguidades, que se possa dizer que ela progride em direção a uma verdade em qualquer sentido bem definido.

A respeito da questão da escolha de teorias Kuhn insiste que não existem critérios de escolha que sejam logicamente convincentes.

Haverá, no interior de uma comunidade científica, valores sancionados por esta comunidade que orientam as escolhas dos cientistas individuais, incluindo-se a precisão, escopo, simplicidade, fertilidade e coisas semelhantes. Cientistas que têm estes valores farão escolhas diferentes na mesma situação

concreta. Isto se deve ao fato de que eles podem atribuir pesos diferentes aos vários valores, e também podem aplicar diferentemente o mesmo critério na mesma situação concreta.

Para Kuhn, para um campo ser ou não ciência, dependerá dele se conformar ou não ao relato da ciência oferecido na *Estrutura das Revoluções Científicas*.

A característica mais importante de um campo de indagação quanto à distinção entre a ciência e a não ciência, afirma Kuhn, é a extensão em que o campo é capaz de sustentar uma tradição científica normal.

O critério de demarcação de Kuhn foi criticado: por Popper, com base no fato de que ele dá uma ênfase excessiva ao papel da crítica na ciência; por Lakatos porque, entre outras coisas, ele não trata da importância da competição entre programas de pesquisa (ou paradigmas); por Feyerabend, com base no fato da distinção de que o crime organizado e a filosofia de Oxford qualificam-se como ciência.

Kuhn, como Lakatos, não argumenta que a ciência é superior a outros campos de indagação, mas supõe que o seja. Ele, na verdade, sugere que se uma teoria da racionalidade entrar em conflito com a ciência devemos mudar nossa teoria da racionalidade.

Esta alta consideração, não questionada pela ciência como exemplar de racionalidade, que Kuhn compartilha com Lakatos. O uso que Lakatos faz de termos como pânico contagioso, com referência à caracterização de estados de crise por Kuhn e “psicologia das multidões”, com referência à sua caracterização das revoluções, é por demais extremo.

Há neles, contudo, um elemento de verdade. No relato da ciência de Kuhn, os valores operativos no processo da ciência e que determinam a aceitação ou rejeição de teorias devem ser discernidos pela análise psicológica e sociológica da comunidade científica. Quando isto é tomado conjuntamente com a suposição de que a ciência contemporânea é o epítome do melhor da racionalidade, o que sobra é uma posição conservadora.

A posição de Kuhn não deixa uma maneira de criticar as decisões e o modo de operações da comunidade científica. Enquanto a análise sociológica é básica dentro do relato de Kuhn, ela oferece pouca coisa à guisa de teoria

sociológica e não oferece qualquer sugestão de como distinguir as formas aceitáveis e as inaceitáveis para se alcançar um consenso.

O relato de Lakatos é um pouco melhor, na medida em que oferece realmente meios para que se possa criticar *algumas* decisões da comunidade científica.

A discussão deste capítulo, até agora, poderia ser resumida notando-se que o objetivo de Lakatos era dar um relato nacionalista da ciência, e que ele fracassou, enquanto Kuhn negou que seu objetivo era dar um relato relativista da ciência, mas que, contudo, ele nos deu.

A natureza da ciência é colocada em questão quando se chama a atenção para a existência do que parece ser uma distinção bastante direta entre alguns estados de coisas e julgamentos a respeito daquele estado de coisas feitos por indivíduos ou grupos.

Não será possível, por exemplo, que alguma teoria seja melhor, no sentido de estar mais próxima da verdade, de ser melhor na resolução de problemas, ser um instrumento melhor de previsão, ou seja lá o que for, do que uma teoria rival, embora nenhum indivíduo ou grupo assim a julgue?

Não é verdade que indivíduos ou grupos podem estar errados em seus julgamentos sobre a natureza ou *status* de alguma teoria? A colocação deste tipo de pergunta sugere que pode muito bem haver uma maneira de analisar a ciência, seus objetivos e seu modo de progresso que se concentre nas características da própria ciência, sem levar em conta aquilo que possam pensar indivíduos ou grupos.

A função mais importante deste livro seja combater aquilo que pode ser chamado de *ideologia da ciência*, tal como funciona em nossa sociedade.

Essa ideologia envolve o uso do conceito dúbio de ciência e o conceito igualmente dúbio de verdade, frequentemente associado a ele, geralmente na defesa de posições conservadoras.

Por exemplo, encontramos o tipo de psicologia behaviorista que trata as pessoas como se fossem máquinas e o uso amplo de resultados de estudo de Q.I., em nosso sistema educacional defendidos em nome da ciência.

Corpos de conhecimentos como esses são defendidos, afirmando-se ou implicando-se que foram adquiridos por meio do “método científico” e que devem, portanto, ser meritórios.

Não é somente a direita política que utiliza as categorias da ciência e do método científico dessa forma. Encontram-se frequentemente marxistas fazendo uso deles para defender a afirmação de que o materialismo histórico é uma ciência.

As categorias gerais de ciência e de método científico são usadas também para excluir ou suprimir áreas de estudo.

Por exemplo, Popper argumenta contra o marxismo e a psicologia adleriana, baseado no fato de que elas não se conformam com uma metodologia falsificacionista, enquanto Lakatos recorreu à metodologia dos programas de pesquisas científicas para argumentar contra o marxismo, a sociologia contemporânea e outras poluições intelectuais!

Como deverá estar claro, meu próprio ponto de vista é de que não existe um conceito universal e atemporal de ciência ou do método científico que possa servir aos propósitos exemplificados no parágrafo anterior. Não temos os recursos para chegar a tais noções e defendê-las. Não podemos defender ou rejeitar legitimamente itens de conhecimento por eles se conformarem ou não a algum critério pronto e acabado de cientificidade.

Se, por exemplo, queremos tomar uma posição ilustrada sobre alguma visão do marxismo, devemos investigar quais são suas metas, os métodos empregados para alcançá-las, a extensão na qual essas metas foram alcançadas, e as forças ou fatores que determinam seu desenvolvimento.

Estaríamos, então, em posição de avaliar a versão do marxismo em termos de desejabilidade do que ele quer, da extensão na qual seus métodos possibilitam que tais metas sejam alcançadas, e os interesses a que ele serve.

Embora um dos objetivos de meu livro seja acabar com o uso ilegítimo de concepções de ciência e método científico, eu espero também que ele faça algo para compensar as reações extremamente individualistas ou relativistas contra a ideologia da ciência. Não é o caso de que uma visão é tão boa quanto qualquer outra.

Se uma situação deve ser mudada de uma forma controlada, quer a situação envolva o estado de desenvolvimento de algum ramo do conhecimento

ou o estado de desenvolvimento de algum aspecto da sociedade, isto será mais bem conseguido por meio de um controle da situação e de um domínio dos meios disponíveis para mudá-la. Isto envolverá ação cooperativa. A política “vale tudo”, interpretada num sentido mais geral daquele que Feyerabend provavelmente pretendeu, deve ser evitada devido à sua impotência.

4. CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 2. ed. Ijuí: Unijuí, 2001.

Em “Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação”, Chassot pretende fazer uma crítica audaciosa e contundente ao projeto e modelo cientificista que modela e atravessa tanto a sociedade quanto as escolas. Procura o autor um processo de desconstrução (a exemplo de Guatarri e Deleuze) da imagem de uma ciência asséptica e isenta. Questiona, neste sentido, a suposta isenção de não muito raros cientistas que desejam separar sua produção científica da aplicação de seu saber (tornando o saber um não sabor).

Trata-se, como intelectual orgânico na área das ciências exatas, de concretizar seu objetivo: diálogo permanente com o leitor, provocando-o para novos saberes (sabores) mas, principalmente, desafiando os operadores do saber/sabor, isto é, os professores/as como mediador de propostas para facilitar o ensino das Ciências, especialmente no Ensino Médio e Fundamental. Mais: despertar nestes educadores/as um imenso desafio (com utópico otimismo), qual seja, “como eu me torno professor envolvido com o ensinar Ciências. Como de ensinador de Química transformei-me em educador preocupado para que homens e mulheres pudessem melhor entender a Ciência que é usada para descrever o mundo: vivendo melhor as Ciências; fazer o mundo melhor com as Ciências”. E Chassot apresenta a intencionalidade última (objetivo primário) do ensino de Ciências: “alfabetizar cientificamente aos homens e mulheres para que consigam não apenas entender o mundo em que vivem, mas mudá-lo e, sonhadoramente, mudá-lo para melhor”, enfatiza Chassot. Portanto, é tornar o que fazer nas Ciências num fazer libertário e libertador – Ciência rima, portanto, com cidadania, participação, diálogo, utopia, realidade.

Em “Alfabetização Científica e Cidadania”, a tese central de Chassot no tocante à responsabilidade no ensinar Ciência é: procurar que os alunos/as se tornem, com o ensino que fazemos, homens e mulheres mais críticos. Que no fazer educação, estudantes possam tornar-se agentes de transformações (para melhor) do mundo em que vivemos, destaca Chassot.

Chassot levanta questões intrigantes e essenciais, tais como: por que ensinar Ciências? Por que ensinar? Porque (re)temos os estudantes por tantos anos na Escola? Estas questões são essenciais, pois nos chama à nossa responsabilidade maior de ensinar Ciência, que é procurar que nossos alunos/as se transformem, com o ensino que fazemos, em homens e mulheres mais críticos, agentes de transformação, sempre para melhor – do mundo em que estão inseridos.

Neste sentido, a História da Ciência deve ser uma facilitadora da alfabetização científica do cidadão/ã. Esta História da Ciência requer uma alfabetização científica mínima, exigindo duas dimensões: uma é sobre o significado de uma alfabetização científica; outra, o quanto essa alfabetização científica poderia/deveria interessar a esse universo, usualmente alheio e até refratário às Ciências Naturais, observa Chassot.

Mas, questiona Chassot, quais são as características de uma alfabetização científica? Quais são no mundo de hoje as necessidades de uma alfabetização científica? Ora, observa Chassot, a Ciência é uma forma de linguagem para facilitar nossa leitura (crítica) do mundo.

Mais, em oposição ao cientificismo, deve-se considerar que esta linguagem seja um construtor humano, logo mutável e falível. Assim, Ciência não é mais lugar de certezas absolutas, mas parciais e relativas.

Uma alfabetização científica deve ter as seguintes características: “um conjunto de conhecimentos que facilitariam aos homens e mulheres fazer uma leitura do mundo onde vivem. (...) os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo para melhor” (CHASSOT, 2006: 38).

Segundo Chassot não poderia ser considerado alfabetizado cientificamente quem não souber explicitar algumas situações triviais de nosso cotidiano. Ou seja, vale a pena conhecer mesmo um pouco de Ciência para entender algo do mundo que nos cerca e assim termos facilitadas algumas vivências. Tais vivências não têm a transitoriedade de algumas semanas. Vive-se neste mundo um tempo maior, por isso, vale a pena o investimento numa alfabetização científica, destaca Chassot.

Neste sentido, deve-se aproveitar os rudimentos de Ciência que os alunos/as possuem para mostrar o quanto conhecer um pouco mais criticamente a

história da construção destes conhecimentos, se tornará um facilitador de sua alfabetização científica.

Chassot observa, no tocante ao ensino de Química no Ensino Médio, por exemplo, há uma macabra (in)utilidade presente no destramento para exames vestibulares ou no aumento da criticidade dos estudantes. Ou seja, há pouca familiaridade com a história da construção do conhecimento, seus contextos. Na verdade, falta filosofia da ciência para fazer um despir-se de posturas científicistas (praga do utilitarismo), da parte dos acadêmicos das Ciências Naturais. Ou seja, para os acadêmicos e futuros professores/as de Ciência precisa lembrar Lakatos: “a Filosofia da Ciência sem história da ciência é vazia; a História da Ciência sem filosofia da ciência é cega”.

Chassot também levanta outra questão: como tornar efetiva a alfabetização científica de nossos alunos/as? Destaca Chassot que é o ensino médio e o ensino fundamental, o lugar (*locus*) para a realização de uma alfabetização científica. Pois, devem-se buscar novas alternativas para o ensino neste *locus*. Chassot destaca que a alfabetização científica deve começar a ocorrer no ensino fundamental com novas exigências da seleção de conteúdo. Segundo, destaca Chassot, é preciso lançar desafios e ter a coragem de mudar. Para tanto, deve-se observar a realidade brasileira e latino-americana. Nunca esquecer que o Brasil (juntamente com a Guatemala) tem o pior índice de reprovação da América Latina (dados de 2000). Outro desafio, observa Chassot, “precisamos fazer também uma (re)leitura da Ciência como homens e mulheres latino-americanos que somos”.

Chassot também lembra a necessidade de um ensino de ciência para a formação da cidadania, no qual a Ciência precisa ser socialmente contextualizada, destacando o papel social da Ciência e suas interações multidisciplinares com os aspectos sociais, políticos, históricos, econômicos e éticos. Só assim será possível a superação do modismo do ensino do cotidiano no que reproduz uma concepção de Ciência pura e neutra.

Por fim, e não menos importante, Chassot nos lembra as contribuições e responsabilidades que temos como educadores/as na construção da cidadania. Ora, questiona Chassot, a cidadania só pode ser exercida plenamente se o cidadão ou cidadã tiver acesso ao conhecimento e aos educadores/as cabe então fazer esta educação científica. Assim, trata-se de superar nossa prática de copismo, no qual os países emergentes buscam a Ciência dos países ricos em detrimento dos saberes locais, talvez para validar a ascensão das minorias socialmente

desprestigiadas, pensando que se “aprenderem” a ciência dos dominadores deixarão de ser dominados, ironiza Chassot.

Nesta busca da cidadania com a contribuição do conhecimento científico há que realizar, da parte dos educadores, uma adequada seleção do que ensinar, isto é, a necessidade de privilegiar determinados conteúdos (lista de conteúdos) que favoreça o desenvolvimento de homens e mulheres críticos, no qual sejam agentes de transformação. Neste sentido, ensinar Química dentro de uma concepção que destaque o papel social da mesma, através de uma contextualização social, política, filosófica, histórica, econômica e religiosa, observa Chassot.

Num segundo momento há que operar um (des) adjetivação da Ciência. Trata-se de observar que as diferentes adjetivações que se dão na Ciência: eurocêntricas, brancas, cristãs, masculinas. Aqui, Chassot defende a seguinte tese: superar a visão eurocêntrica de Ciência a partir da dimensão externa da ciência moderna, isto é, resgatar/revisitar a História da Ciência, da Cultura e da Tecnologia pré-colombiana.

Neste sentido, de resgate de um marco zero (antes da Invasão de Cabral e de Américo Vesúcio) resgatar a Cultura, a Ciência e a Tecnologia antes da invasão dos colonizadores: Ao se buscar escolher o marco zero para nossa América Latina, ele pode ser estabelecido quando se passa a considerar: (a) O desenvolvimento em épocas pré-colombianas do que chamamos hoje de Agronomia, Astronomia, Hidrologia, Matemática, Medicina, isto é, a existência de atividades científicas relevantes; (b) A influência da relação entre Ciência e Tecnologia no desenvolvimento de altas culturas na América pré-colombiana; (c) A (re)valorização destes conhecimentos e técnicas, não apenas para fazer um resgate histórico, mas numa tentativa de mostrar o quanto a recuperação dos conhecimentos (quase) perdidos podem ser importantes, relembra Chassot.

Chassot traz à tona o exemplo da civilização Inca. Segundo alguns estudiosos, destaca Chassot, o Império Inca vivia numa região com uma população mais numerosa que a da Europa de então. Assim, há que considerar um sistema efetivo de comunicação da vastidão do Império Inca (do Equador até noroeste da Argentina, norte do Chile e parte da Bolívia). O alto desenvolvimento tecnológico na agricultura era consequência das grandes necessidades de alimentos para uma grande população. O sistema administrativo era baseado na burocracia, onde o Imperador era uma figura muito paterna, observa Chassot. Ainda há o destaque que em Cusco (mais populoso, à época, que Paris ou Londres) antes da chegada dos

espanhóis, havia um colégio destinado à aristocracia e aos nobres das províncias (jovens estudavam a língua *quíchua*, o uso dos *quipus* – espécie de escrita mnemotécnica para fins aritméticos ou registro de fatos importantes, os fundamentos de seus cálculos, estudavam a história e a mitologia oficial Inca). Observa-se que havia também uma Escola de Engenharia Hidráulica, dada a necessidade dos Incas irrigarem vales áridos, tornando-os lugares ubérrimos, dado o problema de produtos de alimentos.

Outra adjetivação importante a ser (des) adjetivado é a neutralidade científica. Segundo Chassot a Ciência e suas tecnologias tanto podem ser usadas para o bem/benfazeja (computadores, celulares, Cds, etc), quanto para o mal (sementes transgênicas, bombas atômicas, etc.). Numa ou noutra o cientista também é responsável.

Outra adjetivação importante a ser (des) adjetivado: a Ciência é masculina (a Ciência estava culturalmente definida como uma carreira imprópria para a mulher). Há que resgatar o papel das mulheres na produção das Ciências. Chassot observa que ao olhar para a História é possível entender por que se pode rotular a Ciência de masculina: “Poderíamos aditar ainda a recordação das inúmeras mulheres que nos tempos tenebrosos e dolorosos da Inquisição foram para a fogueira, pois estavam fazendo investigações, que, se aos homens dava o rótulo de cientistas, às mulheres era interpretada a associação com o demônio. Há, assim, a necessidade de fazermos um trabalho com nossos alunos e alunas para conseguirmos mais esta desadjetivação da Ciência: masculina (CHASSOT, 2006: 71).

Num terceiro momento, Chassot apresenta a questão do Impacto da Tecnologia da Educação. Chassot destaca o papel da Ciência na mudança de nossa sociedade. Ressaltam os impactos tecnológicos sobre o nosso fazer de professores/as. Estas mudanças, advindas das tecnologias, devem transformar o fazer Educação.

Segundo Chassot, as revoluções tecnológicas impactaram profundamente o mundo do trabalho, inclusive com o fechamento de vários postos de trabalho, o desaparecimento de determinadas profissões (perfurador de passagem ou bilhete de ônibus, bancários, etc.). Também no mundo do trabalho de professores/as educadores/as houve grandes impactos: hoje crianças e adolescentes dominam de forma adequada e rápida as tecnologias de ponta do que muitos professores/as se veem com dificuldade de entender e transformar tais tecnologias em ferramentas adequadas no espaço de trabalho escolar. Há o perigo da neopatía, isto é, a doença

moderna cuja característica é ter sempre tudo novo (último carro, último computador, a última versão do Windows). E como fica a profissão de professor neste cenário de evoluções/transformações tecnológicas? Para Chassot o papel do professor informador está superado. A tecnologia informa, de maneira acelerada, com capacidade infinita de armazenamento de conteúdo/informação. O professor informador, segundo Chassot é “um sério candidato ao desemprego ou será aproveitado pelo sistema para continuar fazendo algo (in)útil nesta tendência neoliberal de transformar o ensino (não a Educação) em uma mercadoria para fazer clientes satisfeitos, como apregoam os adeptos da Qualidade Total”, destaca Chassot. Entretanto, destaca o professor formador, a professora formadora será cada vez mais importante nesta virada de milênio. Então, a marca da nova escola – para além do fluxo de informações, exige novos professores/as.

Se antes o espaço escolar era espaço de comunidade, de irradiação para o exterior, se da escola irradiava e tocava o mundo exterior (referência do conhecimento), hoje o mundo exterior adentra (invade) a escola e o espaço escolar.

Como sonhar com a escola como espaço de cidadania crítica e participativa? Qual poderia ser um projeto para a Escola ser geradora e transformadora (crítica de conhecimento) e não repetidora de conhecimentos? Voltar a pensar a escola sendo polo de disseminação de informação privilegiada. A palavra-chave, destaca Chassot, é a seleção de conteúdos. Saber selecionar a informação é uma das maiores exigências destes novos tempos. Chassot também sugere a “rodinha da novidade”, na qual os alunos/as trazem informações significativas e o professor formador como mediador problematiza, ajuda a sistematizar o conhecimento do senso comum/espontâneo para o conhecimento crítico, sistemático, científico, emancipatório.

Por fim, Chassot enfatiza a necessidade de professores formadores, já que os informadores são fortes candidatos ao desemprego. Priorizar a formação contra a informação: preparar docentes para que saibam usar a especificidade do conteúdo, no qual devem ser competentes para com ele fazer Educação. A tecnologia apenas como um meio, ou uma ferramenta a serviço da formação. É preciso ter a coragem de pensar, de ensinar mais com o conhecimento, como torná-lo instrumento para a facilitação de uma leitura do mundo mais adequada e, principalmente, mais crítica. Trata-se de fazer do ato de ensinar/formar um ato político.

Chassot chama atenção para que se busque um Ensino menos apolítico. Chassot vê a necessidade de buscar um ensino cada vez mais marcado pela historicidade. Faz-se necessário – como prática docente histórica, crítica e libertadora:

* deixar de fazer um ensino *asséptico*, e sim vinculá-lo cada vez mais com a realidade dos alunos e dos professores;

* esforçar-nos por migrar do *abstrato* para uma realidade mais concreta, mostrando um mundo mais real numa linguagem mais inteligível;

* aprender a sermos menos *dogmáticos* para conseguirmos trabalhar com incertezas;

* não tratar os conhecimentos de uma maneira *não histórica*, garimpando mais nos rascunhos do passado;

* transformar as nossas *avaliações ferreteadoras* em atividades onde haja participação dos alunos, não se considerando apenas o produto, mas também o processo.

Portanto, destaca Chassot em referência a Paulo Freire e Enrique Dussel, nos convencer de que a Educação deve deixar de ser *apolítica* para ser menos domesticadora e contribuir para uma alfabetização científica. Há, como destaca Chassot, um “convite à rebeldia”. Um ensino mais político não se anuncia, se faz. Ele ocorre quando mostramos o serviço de quem está na Ciência que nós ensinamos. Ele acontece quando nós delimitamos espaços e fazemos opções. Quando caracterizamos e marcamos o lado do qual nós estamos”, enfatiza. Ainda mais, um ensino marcadamente libertador ocorre quando mostramos que forças impedem muitas de nossas ações.

Que forças – questiona Chassot – definem o que vamos ensinar e para que(m) serve aquilo que (acreditamos) ensinamos? Trata-se de possibilidades e estar atentos para:

* vencer nossa linguagem machista e incluir aquelas que conosco constroem o mundo em nossas falas;

* inserir-nos nas propostas daqueles e daquelas que com a Educação Ambiental buscam recuperar o planeta;

* denunciar as intervenções ilegais que fazem em nossos currículos e nos livrar daquilo que nos impingem.

Assim, possibilitará uma educação política, crítica com vistas a uma alfabetização científica.

Neste sentido, Chassot, ao referir-se a Linguagem (Química) e poder na sala de aula, trabalha com uma dupla interrogação (**pode/deve ser político o ensino?**), no qual faz um jogo de ações verbais com as palavras. Dessa forma, Chassot afirma que a linguagem utilizada pelos professores e também pelos estudantes é um instrumento de facilitação do esperado processo de politização. Pois a linguagem se torna um poderoso instrumento para os educadores enquanto meio de convencimento no processo da Educação. Assim, através desse poderoso instrumento que é a “linguagem” buscamos transformar nossas ações.

Chassot, de certa forma, responde a dupla interrogação em relação se o ensino pode/deve ser político, ao questionar o poder e o dever ser político no ensino, Chassot levanta algumas sugestões como:

* Independente de sala de aula, todos nós somos políticos natos, ou seja, o educador serve de certa forma como mediador desse “poder/dever” de cada estudante, aceitar ou não a condição que está inserida e através dessa política chamada “Educação” possam ser capazes de modificá-la na busca da transformação;

* Utilizar a Ciência como um instrumento da leitura, realidade e facilitadora da aquisição de uma visão crítica da mesma e assim, possa contribuir para modificá-la para melhor, onde esteja presente uma continuada preocupação com a formação de cidadãs e de cidadãos críticos.

Chassot, ao enfatizar a utilização da Ciência como um instrumento de leitura da realidade, está propondo aos educadores um ensino menos apolítico e sim uma inserção numa dimensão ambiental para educação, ou seja, cabe aos educadores (as) de Ciências se envolverem com a Educação Ambiental.

Pois, ao invés dos educadores fazerem uma alfabetização científica precisam aprender a fazer uma alfabetização política, utilizar este poder “político” do educador fazer do ensino um instrumento que responda às exigências mínimas de alfabetização políticas de alunas e alunos.

Segundo Chassot:

[...] o controle da ação do ser humano sobre o meio ambiente, mas geralmente são descuidados e até ignorados a prevenção e controle de enchentes. Observa-se que os Planos Diretores já tratam de aspectos de prevenção ambiental, espaço, disseminados pela divulgação da proteção ambiental, mas, por falta de conhecimento e orientação não se observa nenhum

dispositivo de prevenção da ocupação das áreas de risco de enchentes. (2006, p.14)

Quando Chassot refere-se a uma educação política é neste sentido trabalhar com fatos da realidade dos alunos.

Neste sentido, Chassot ao afirmar que os educadores devem utilizar o poder “político” que tem em suas mãos para inserir uma alfabetização política, no qual, fará com seu aluno pense novas formas de aprendizagem neste novo momento.

Portanto, faz-se necessário inserir Currículos Legais e anunciar intervenções ilegais que se fazem em nossos currículos, pois o currículo está no cotidiano tanto do educador quanto do aluno, desta forma, é necessário re(olhar) o nosso fazer Educação.

Quando Chassot refere-se aos Currículos Legais, afirma que não há muito no que se mexer, porém Currículos Ilegais trazem um chamamento muito especial, ou seja, deve se trazer para o cenário de nossas salas de aula falas de homem e mulheres que viveram/vivem numa Terra que tem História anterior àquela que usualmente nos transmitem, denunciarmos intervenções ilegais que fazem em nossos currículos, e nos livrarmos daquilo que nos impingem.

Chassot questiona-se: Por que rotulei situações como essa de intervenções ilegais nos currículos?

Desta forma, elenca algumas possibilidades:

* As reformas radicais do tempo da ditadura, como a lei 5540/69 eram mais claras e explícitas;

* Os novos tempos como se refere Chassot, é caracterizado por um autoritarismo civil, ou seja, legais ou ilegais os currículos transformam o fazer Educação.

Neste sentido, Chassot reflete uma forma de resgatar a ciência através dos saberes populares, no qual, Chassot distingue como senso comum, caracterizado como um conhecimento produzido solidariamente, e às vezes com muita empiria.

Segundo Chassot, faz-se necessário fazer uma interação entre os três segmentos, a valorização dos saberes populares e uma conscientização do

respeito que os mesmos merecem. Desta forma, Chassot propõe à escola, a defesa dos saberes da comunidade onde ela está inserida.

Assim, a troca dos conhecimentos científicos com os saberes populares pode tornar-se, uma aprendizagem muito enriquecedora para ambas as partes.

Segundo Chassot :

O saber popular é aquele que detém, socialmente, o menor prestígio, isto é, que o resiste a menos códigos. Aliás, popular pode significar vulgar, trivial, plebeu. Talvez devêssemos recordar que este saber popular, em algum tempo, foi/é/será um saber científico. (2006, p.207)

Ao falar sobre a Educação, Chassot afirma que a internet é um recurso cada vez mais disponível, com baixo custo para facilitar o fortalecimento de informações, ou seja, esse recurso hoje divide as pessoas em plugadas ou desplugadas.

Desta forma, o montante de informações que se aglomeram em nosso cotidiano é muito grande, assim precisamos saber distinguir o útil do inútil.

Chassot afirma que a internet é um recurso para ser facilitador principalmente dos educadores e alunos, porém essa tecnologia precisa ser mais bem utilizada, ou seja, temos que aprender dia após dia a conviver com esta tecnologia.

Com o avanço da internet, muitas informações estão ao nosso dispor, Chassot em seu livro nos ensina a fazer a seleção da informação, ou seja, não basta apenas o educador dar aos seus alunos temas e mais temas sem selecionar os verdadeiros objetivos das pesquisas.

5. GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. Interações e Transformações: química para o Ensino Médio. São Paulo: EDUSP, 1995/2007. livros I, II. Guia do professor, Livro do aluno.

Interações e transformações - Química para o 2º. grau foi elaborado pelo GEPEQ visando dar a professores e alunos uma alternativa na qual os conceitos químicos são relacionados ao contexto social.

Atualmente são três volumes. O volume I apresenta quatro módulos sequenciais; o volume II é intermediário (reelaborando as ideias sobre transformação química) e o volume III trata de matérias extraídas da atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. Os conceitos abordados partem dos dados da vivência e da escolaridade anterior do aluno.

Cada aluno tem uma estrutura cognitiva, ou seja, uma organização de ideias, sendo que as mais gerais e amplas ocupam o topo de uma pirâmide em cuja base estão as ideias menos gerais e as informações específicas (Ausubel, Novak e Hanesian, Psicologia Educacional). Deste modo, para favorecer a ocorrência de aprendizagem significativa (novas informações e conceitos interagem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno), é necessário partir de ideias, utilizando organizadores, ou seja, textos, experimentos, figuras, frases.

No volume I, o organizador, a ideia geral, é um texto no qual são colocados dados para levantamento de questões que conduzirão às atividades. Os módulos são finalizados com um texto síntese, para a reintegração dos conceitos à ideia geral.

Segundo Piaget, o desenvolvimento cognitivo ocorre em uma sequência invariável de estágios, sendo que cada estágio tem um nível singular de organização ou estrutura. Quando o indivíduo interage com o meio por intermédio de experiências, analisa o fato conforme o seu estágio de desenvolvimento cognitivo. De acordo com os estágios de desenvolvimento cognitivo, propostos por Piaget, no segundo grau o aluno está num nível lógico-empírico (pensamento operacional concreto).

Dessa forma, os módulos de Interações e transformações - Química para o 2º grau são iniciados com operações lógico-empíricas e vão para o nível lógico-formal, ou seja, partem de fatos vivenciados no dia a dia ou em laboratórios para que o aluno possa desenvolver as operações de classificação, correspondência, variações etc.

VOLUME I

Módulo I

- 1. O texto que norteia este módulo** é "A chuva ácida", da revista ISTO É de 09/05/84, mostrando que este fenômeno remonta às transformações da Revolução Industrial, mas que apenas recentemente começou a fazer parte das preocupações dos ecologistas como o mais importante problema do século. A chuva ácida resulta do aumento da concentração de dióxido de enxofre (SO_2), e óxidos de nitrogênio (NO , NO_2 , N_2O_5), produzindo ácidos quando em contato com a água da chuva, liberados na combustão de materiais de origem fóssil, como o petróleo e o carvão, originando também óxidos de carbono (CO e CO_2). O artigo mostra também que, no Brasil, foram detectados níveis preocupantes de chuva ácida, trazendo para a

realidade local a questão. Após a leitura e debate do texto são propostos um questionário e questões para discussão (reflexão sobre o meio onde vive).

2. Investigando a produção de chuva ácida.

O experimento consiste em fazer interagir enxofre com flores, água e tornassol azul. Queima-se o enxofre, provocando a liberação de um gás que também irá interagir com os mesmos materiais. O resultado será anotado em uma tabela.

<u>INTERAÇÃO</u>	<u>OBSERVAÇÃO</u>
Enxofre e pétala	
Enxofre e tornassol azul	
Água e tornassol azul	
Enxofre e água	
Enxofre, água e tornassol azul	
Enxofre e oxigênio	
Dióxido de enxofre e tornassol azul	
Dióxido de enxofre e pétala	
Dióxido de enxofre e água	
Dióxido de enxofre, água e tornassol azul	

A tabela acima será discutida e possibilitará estudar solubilidade dos materiais, energia e tempo das interações, além da caracterização dos ácidos.

3. Há outros materiais que modificam a cor do tornassol?

Neste item, observa-se a solubilidade de alguns materiais em água e a ação sobre tornassol azul e tornassol vermelho e sobre o carbonato. Nesta atividade o aluno aprenderá a observar e classificar os materiais em grupos (ácidos, básicos e neutros).

4. Como analisar o tempo envolvido nas interações?

As interações entre os materiais demandam certo tempo. Por exemplo, nas estátuas de mármore da Grécia ocorreram transformações provocadas pela chuva ácida em dez

anos; e quando a água ácida reagiu com o tornassol, foi uma transformação rápida. Ou seja, há dois tipos de interação: instantânea ou não instantânea.

5. Do que depende a dissolução dos materiais?

Assim como no item anterior, este também apresenta uma tabela na qual são utilizados vários materiais em quantidades diferentes (solubilidade e os fatores que a influem).

6. A toda interação se associa uma forma de energia?

Os exemplos utilizados são:

- a) queima da madeira, de onde surge forma diferente de energia (luz e calor);
- b) ação da temperatura do dia em um sorvete.

Quando a interação libera calor, tem-se um fenômeno exotérmico; quando requer calor, tem-se um fenômeno endotérmico.

7. As interações podem ser revertidas?

Este processo é revertido, ou seja, ao fornecer energia na forma de calor, o gelo irá se transformar em água. Recuperaremos o gelo se retirarmos a mesma quantidade de calor.

Existem também interações que não envolvem quantidade de energia perceptível (tornassol azul fica vermelho).

8. Evidências -As interações estão sempre acompanhadas de sinais característicos?

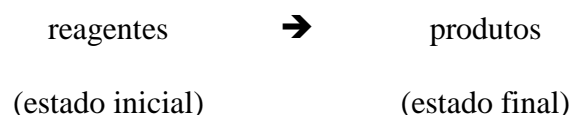
Evidências são sinais indicativos de uma interação. Ao observarmos as evidências de uma interação, saberemos se houve uma transformação. As evidências da interação do enxofre com o oxigênio foram: mudança de odor, aparecimento de luz e formação de um gás.

9. Transformações químicas

Na constatação da ocorrência de uma evidência, dizemos que houve uma transformação. O estado inicial e o final são as características observadas respectivamente no início e no final do estudo. Outro ponto importante é o tempo gasto para a realização do estudo sobre um sistema.

Existem os sinais diretos (cor, odor, sabor, textura e forma) e os indiretos.

Transformações químicas são transformações que produzem novos materiais.



Em uma transformação química, devemos observar mudança de cor, produção ou absorção de energia e desprendimento de gás.

Neste item, também temos a construção de uma tabela com os seguintes dados: estado inicial, estado final, evidência de transformação e tipo de energia envolvida.

10. Transformação Química - Iniciando Estudo Quantitativo

Este item trata da quantidade de reagentes e produtos em uma transformação química.

Em locais distintos de um pedaço de mármore, são colocadas gotas de água, ácido clorídrico e ácido sulfúrico. Após a secagem, o aluno deverá observar esses diferentes locais.

Em outro experimento, o ácido clorídrico é colocado em frascos com carbonato de cálcio em pó e triturado em recipiente aberto e fechado. Como explicar a massa inicial e a final?

As observações levarão o aluno a discutir sobre a rapidez de uma transformação, conservação de massa ou não, dependendo das condições do experimento.

11. Como interpretar dados quantitativos?

Devemos sempre considerar as condições experimentais para que os dados possam ser interpretados coerentemente. Assim, na transformação entre ácido clorídrico e carbonato de cálcio, a massa se conserva.

12. A massa se conserva sempre?

O texto fornece tabelas com dados relativos à massa inicial e final da queima do enxofre, combustão de carvão e transformação de ferro metálico ao reagir com enxofre. Questiona-se se há conservação de massa.

13. Existem outros fatores que influenciam a rapidez de uma transformação?

Retomando o experimento em carbonato de cálcio em pó e triturado com ácido clorídrico, observou-se o tempo gasto entre os diferentes tipos de carbonato utilizados. O fator que influi uma transformação é também a forma em que o reagente se apresenta.

14. Interações e transformações no ambiente e no homem.

É um texto síntese para ser lido e discutido pela classe.

Módulo II

1. A busca de explicações

O homem primitivo aprendeu a utilizar o fogo em seu benefício. A combustão é uma das transformações mais importantes da sociedade, ou seja, nossa vida depende da energia proveniente da combustão. Alguns pensadores acreditavam na teoria do flogístico, ou seja, os corpos combustíveis teriam elemento flogístico que, no momento da combustão, abandonariam o corpo. Com esta teoria poderia se explicar algumas transformações. Lavoisier estudou transformações nas quais as quantidades de massa se conservavam. Realizou experimentos envolvendo combustões e relacionou-as com a incorporação do princípio que forma o oxigênio. Ele admitia que a matéria era constituída por um elemento imponderável - o calórico.

$\text{gás oxigênio} = \text{oxigênio} + \text{calórico metal} + \text{gás oxigênio} = \text{óxido} + \text{calórico}$

2. Formação da água: experiência e conclusões de Lavoisier.

A característica do trabalho de Lavoisier é o uso sistemático de instrumentos de medição e uso do controle das quantidades dos materiais envolvidos na transformação. O experimento é o da formação da água. Lavoisier realizou a combustão do hidrogênio e obteve um líquido que identificou como sendo água.

3. Que critérios são utilizados para identificar um material?

A pesquisa desenvolvida por Henry Cavendish caracterizava a água como sendo um líquido sem odor e sem gosto e que, ao se evaporar, não deixava resíduos. Outras propriedades podem ser usadas para identificar as substâncias, por exemplo: ponto de ebulição, ponto de fusão, densidade e solubilidade. Essas propriedades são utilizadas para a identificação das substâncias. São analisadas duas tabelas: de aquecimento de água e de aquecimento de água com sal grosso. Solicita-se ao aluno a construção dos respectivos gráficos.

4. Quais as diferenças entre substâncias simples e compostas?

Segundo Lavoisier, a água era uma substância composta, ou seja, eram necessários dois gases, o hidrogênio e o oxigênio para sua formação, e era possível decompô-la em oxigênio e hidrogênio.

A tabela apresentada tem transformações com as respectivas observações. Exemplo: aquecimento de carbonato de cálcio e evaporação do álcool. O aluno deverá notar em quais há formação de novo material ou decomposição, classificando as substâncias em simples ou compostas.

5. Será que todas as transformações químicas ocorrem mantendo relações proporcionais em massa?

Ao analisarmos dados quantitativos de massa de reagentes que envolvem certas transformações que mantêm sempre a mesma proporção e produtos envolvidos na

formação da água, estaremos aplicando a lei de Proust, ou seja, utilizaremos o raciocínio proporcional.

6. Como é possível avaliar e comparar o calor envolvido nas transformações químicas?

São utilizados os dados dos experimentos realizados nos itens anteriores e a quantidade de calor liberada na combustão de algumas substâncias. O aluno perceberá que a combustão sempre libera energia e que o calor liberado mantém a proporcionalidade. Lavoisier explicava a liberação de energia e a absorção admitindo a existência do calórico.

7. Transformação das ideias

Concluimos que a matéria é constituída por elementos ou princípios (conservação e proporcionalidade da massa), mas isso não explica como os elementos se conservam.

Coube a John Dalton responder a questão sobre a conservação dos elementos ou como se combinavam. Ele representava suas ideias sobre os átomos utilizando símbolos.

8. Propondo explicações.

9. As representações também se transformam.

10. Representando o rearranjo dos átomos nas transformações químicas.

A teoria de Dalton sobre a constituição da matéria é discutida, assim como a representação dos elementos. Berzelius propôs que os elementos fossem representados pela primeira letra do nome do elemento em latim (símbolos).

Os experimentos de Gay Lussac envolvendo os gases e os estudos de Avogadro levaram à conclusão de que a água seria constituída por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H_2O)

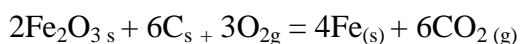
Ratifica-se a ideia de substâncias simples e compostas e representam-se algumas fórmulas químicas. Aprende-se também a representar uma transformação química por meio de uma reação química e o seu balanceamento.

11.O conhecimento não é estático.

O módulo é fechado com texto-síntese explicando as ideias dos pensadores e salientando a necessidade da reformulação das ideias.

Módulo III

O texto de abertura é sobre a exploração do minério de ferro. É analisada a produção em outros países, o projeto Ferro - Carajás e o processo de produção do ferro desde a Antiguidade. Relata também a visita a uma usina siderúrgica, apresentando as transformações que ocorrem no alto-forno. Também é abordado o problema do enferrujamento e os meios para evitá-lo. Neste módulo, dá-se ênfase à relação da massa e a quantidade de matéria, ou seja, retomam-se aspectos quantitativos das transformações químicas. Retoma-se também o estudo sobre as equações químicas, relacionando-as com as leis ponderais, o rendimento e a energia envolvida. A equação química do processo de formação do ferro em altos-fornos:



Módulo IV

O crescimento, o movimento e a reprodução são fatos relacionados aos seres vivos, que dependem dos processos de transformação de energia. Neste módulo, são discutidas as transformações de energia abrangendo inclusive o motor de automóvel e fenômenos elétricos (usina hidroelétrica, pilhas, turbinas hidráulicas).

A produção de energia em grande escala é necessária a processos industriais, para iluminação, aquecimento, funcionamento de eletrodomésticos etc. Existem várias fontes de energia vindas de usinas hidroelétricas, termoelétricas, pilhas, baterias etc. Dependendo do material utilizado, obteremos quantidades variadas de energia.

O calor liberado na queima de um mol da substância, em condições específicas, chama-se calor molar de combustão. Essa quantidade de calor pode ser medida em aparelhos denominados de calorímetros.

As quantidades de calor liberadas nas combustões são diferentes e dependem do tamanho das partículas, as energias de ligação entre os átomos, como por exemplo, etanol e éter dimetílico

A volatilidade é a facilidade de um líquido se transformar em vapor. É uma característica para um bom combustível. Por exemplo: uma gota de água evapora mais rapidamente que uma gota de óleo e mais lentamente que uma gota de álcool.

Podemos falar em viscosidade, que é a resistência ao escoamento, e inflamabilidade e considerar o tamanho da partícula, a liberdade e a rapidez com que se movimentam (intramolecular). Desde muito tempo o homem observa fatos como a eletricidade. Tales de Mileto observou que o âmbar, ao ser friccionado, atraía alguns corpos. William Gilbert pesquisou materiais com a mesma propriedade do âmbar. Algumas ideias foram elaboradas para se explicar estes fenômenos. Luigi Galvani estudou a eletricidade animal, observando as pernas da rã amarradas com fios de cobre.

Alessandra Volta, ao estudar os experimentos de Galvani observou que a eletricidade independia da utilização de tecido animal. Ocorria também com ferro e cobre mergulhados em água salgada. Ele idealizou a primeira pilha, intercalando cobre, feltro embebido em salmoura e zinco.

Na pilha de Volta, observava-se a produção de energia elétrica e que ela estava relacionada às transformações químicas.

Os materiais podem ser classificados em condutores e isolantes e o estado físico do material pode influenciar na condução elétrica (Na OH sólido e líquido — íons livres em movimento).

Svante Arrhenius propôs que, com a dissolução, a água separa os íons, deixando-os livres e permitindo sua movimentação.

As soluções são misturas cujos componentes são o soluto e solvente. A massa do soluto pode ser variada, mudando-se a concentração. Neste módulo existe um texto que versa sobre como a matéria pode produzir, conduzir e consumir corrente elétrica. O experimento proposto é o da cobreação de uma moeda.

Para a compreensão da condutividade e da eletrólise, é necessário admitir a existência de íons e, com a teoria de Dalton, não é possível obter os esclarecimentos necessários.

No final do século XIX, surgem novos materiais como o urânio. Assim, ao estudar a radioatividade, Ernest Rutherford descobriu as radiações alfa e beta. Algumas representações surgem para explicar o átomo: modelos de J. J. Thomson e do próprio Rutherford e Bohr. Surgem o número atômico e o número de massa, que definem o elemento.

VOLUME II

É o módulo chamado de intermediário, no qual será discutido o que se conhece por cinética e equilíbrio. O texto organizador fala sobre o nitrogênio e a síntese de amônia pelo processo de Haber. O homem tem grande interesse em melhores condições para a realização das transformações.

As transformações revertíveis são retomadas, como por exemplo: $\text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
 $\rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$

Esta reação ocorre com liberação de calor. Por sua vez, a cal apagada pode se transformar em cal viva pelo fornecimento de calor. Observa-se que certas condições são melhores que outras para a realização de uma transformação.

Aqui podemos discutir as condições para a realização das transformações, como a rapidez de uma transformação depende da concentração, da temperatura, do estado de

divisão do material e da presença de certas substâncias. Em 1930, Zartmann realizou uma experiência e comprovou que as partículas de um gás movimentavam-se com velocidades diferentes. Conhecendo-se as velocidades, poder-se-ia analisar a energia cinética.

Considerando-se a temperatura associada à energia cinética média das partículas, é possível admitir que a uma dada temperatura só ocorrerão colisões que podem resultar em uma transformação química.

O número de colisões efetivas envolve um valor mínimo de energia (energia limiar). Elevando-se a temperatura modifica-se a distribuição de energia cinética, aumentando choques efetivos capazes de romper e formar novas ligações. As transformações químicas ocorrem quando as partículas colidem e essas colisões devem envolver energia superior à energia limiar (energia de ativação, complexo ativado e estado de transição). As transformações podem envolver mais de uma etapa, ao passar do estado inicial ao final.

A partir da reação da Síntese da amônia, podemos notar que as quantidades de reagentes utilizadas podem não obedecer a relações estequiométricas (rendimentos). Analisando os valores de concentração dos reagentes e produtos no equilíbrio, nota-se que a relação entre concentração dos produtos e a concentração dos reagentes é constante. Essa relação é chamada de constante de equilíbrio (K_c) e pode ser expressa em mol/dm^3 ou $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

A outra relação que se pode estudar leva em consideração as pressões de um gás: é o K_p

Os fatores temperatura e pressão influem no rendimento das transformações. Por exemplo, no processo de Haber, no aumento de pressão e diminuição de temperatura há um crescimento na produção de amônia (princípio de L^e Chatelier).

Quando o equilíbrio é alcançado, as transformações revertíveis são designadas como reversíveis.

Neste volume, foram aprofundados os estudos das transformações químicas analisando-se a extensão e a rapidez, que conduziram ao estado de equilíbrio. O domínio sobre estas características possibilita ao homem controlá-las para o seu benefício.

Podemos citar como exemplo o controle da poluição do ar pelo NO (reação endotérmica).

O oxigênio, ao reagir com os hidrocarbonetos dos combustíveis, produz CO_2 , CO e água e devido à elevada temperatura pode-se formar NO. Numa elevação na temperatura, o equilíbrio será deslocado no sentido da formação e o abaixamento desloca para a decomposição, ou seja, devemos resfriar os gases da exaustão, mas a rapidez da decomposição também decresce com a diminuição da temperatura. Outro meio é usar um catalisador que acelere a sua decomposição.

VOLUME III

O homem luta por sua sobrevivência e, com a descoberta do fogo, ele fixa-se em certos lugares formando aldeias, onde nasce a agricultura, a pecuária etc. Os anos se passam e, com o desenvolvimento da sociedade industrial, torna-se necessário o transporte dos materiais. Assim a extração de petróleo é impulsionada. Paralelamente às demandas materiais para sua sobrevivência física, o homem manifesta suas necessidades espirituais e intelectuais. O prazer estético faz surgir as artes, arquitetura, teatro, vestuário etc. O homem extrai materiais da natureza e os processa. Alguns recursos são renováveis, outros não.

Este módulo apresenta tabelas com matérias extraídas da atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. Os fatores que devem ser levados em consideração para a extração desses materiais são: custo de produção e transporte, localização geológica do recurso etc.

O grande desafio é concretizar o desenvolvimento sustentável, ou seja, continuar a extrair os recursos; mas o globo terrestre tem de sobreviver. Os seres vivos são compostos de água, carboidratos, gorduras, ácidos nucleicos e proteínas, (carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio). Esses elementos também estão presentes em compostos de outras galáxias. Isto é, os elementos constituintes da matéria viva assemelham-se no sistema solar, mas na atmosfera atual há maior predominância de nitrogênio e oxigênio. Na Antiguidade, acreditava-se que o ar era um elemento, ou seja, uma substância simples, embora a palavra *gás* tivesse sido inventada no século XVII para designar uma classe de substâncias parecidas com o ar (Joan Baptist Von Helmont).

A partir dos trabalhos de Joseph Black firmou-se a ideia de outro tipo de ar. Priestley fez uma descoberta muito importante: ele tentava extrair o ar contido em um pó vermelho obtido pelo aquecimento de mercúrio metálico em frasco aberto. Ele discutiu seu experimento com Lavoisier, que repetiu suas experiências e concluiu que esse ar (ar eminentemente respirável ou ar vital) entrava na composição de todos os ácidos e o chamou de oxigênio (do grego - formador de ácidos).

O ar restante do experimento era impróprio à vida animal e não mantinha a combustão; ele o denominou de mofeta atmosférica. Este ar também foi chamado de azoto. Jean Antoine Chaptal sugeriu a ele o nome de nitrogênio. Lavoisier realizou outras experiências com a substância avermelhada e concluiu que o ar não era um elemento e que podia ser separado em ar vital e mofeta atmosférico, ou seja, oxigênio e nitrogênio.

John Dalton colaborou no estudo do ar, concluindo que o oxigênio e nitrogênio estavam misturados e que também ali haveria água, ou seja, o ar é uma mistura. A atmosfera terrestre onde vivemos é chamada de troposfera e tem 18 km. Sabemos que, nos picos elevados, a temperatura fica mais baixa, o ar cada vez mais rarefeito e havendo também diminuição da pressão.

Lavoisier observou que existia uma relação entre pressão atmosférica e quantidade de ar na atmosfera terrestre e, através do relato de experiências, propõe a pressão da mistura de gases (Lei de Dalton).

A atmosfera é uma mistura de gases e cada um deles exerce uma pressão, chamada de pressão parcial (é a pressão que o gás exerce quando ocupa, sozinho, volume igual ao ocupado pela mistura à mesma temperatura), $p = (n_A / n_{\text{total}}) \times p_{\text{total}}$

O ar é composto de O_2 , N_2 e outros gases; o CO_2 também é presente na atmosfera e é essencial para a fotossíntese, assim com o vapor da água. A pressão atmosférica varia com a altitude. A pressão parcial de todos os componentes também deve variar, incluindo o vapor de água, ou seja, a vaporização dos líquidos.

A variação da pressão atmosférica afeta a vaporização de líquidos e a vida humana. A quantidade de oxigênio e outros gases varia com a temperatura e a pressão exibida sobre eles.

Para obtermos esses gases, teremos que submeter o ar à liquefação e à posterior destilação fracionada, baseada nas diferentes temperaturas de ebulição dos componentes.

Observa-se a importância do oxigênio livre e combinado. Por meio da reação de redução da hematita com carvão, introduziremos as transformações de óxido redução. A conclusão é que a espécie oxidante é aquela que cede oxigênio e < espécie oxidada é a que o recebe. Oxidação significa ganho de oxigênio e < redução significa a perda.

O estudo é aprofundado, discutindo-se os experimentos de Humphry Davy sobre a eletrólise, conduzindo à descoberta do sódio e do potássio. Em 1818, Berzelius apresentou a teoria eletroquímica. Assim, os elementos foram organizados em uma série eletroquímica, iniciada pelo oxigênio e finalizada com o potássio.

Em 1852, Edward Frankland estabeleceu a teoria da Valência, por meio da qual podemos expressar por um número a capacidade de combinação de cada elemento.

As transformações de oxiredução envolvem variações dos números de oxidação e assim podemos efetuar o balanceamento das equações representadas. Levam-se em conta as tensões elétricas em pilhas, mostrando que os metais interagem com outros.(série da reatividade).

Em relação ao nitrogênio: este gás é incolor, inodoro e insípido, pouco solúvel em água e aparece nas proteínas. A amônia é um gás incolor, de odor irritante solúvel em água, sendo proveniente também da decomposição de materiais vindos dos seres vivos (decomposição da ureia e putrefação de matéria orgânica), fabricação de fertilizantes, plásticos, ácido nítrico e explosivos. Os gases obtidos a partir do ar são armazenados em cilindros onde o gás carbônico e a amônia estão liquefeitos e o nitrogênio e oxigênio, não. Robert Boyle estudou o comportamento do ar e observou a relação entre

pressão e volume do ar a determinada temperatura, enquanto Gay Lussac estudou a expansão dos gases em função da temperatura.

Sabemos que o comportamento da atmosfera sofre modificações decorrentes do homem e pode ser oxidante devido à alta concentração de oxigênio. Sendo assim, o ar é propício às diversas interações e transformações. Embora os gases, nitrogênio, oxigênio e gás carbônico sejam continuamente absorvidos pelos seres vivos, na troposfera a quantidade é constante. Neste instante, podemos estudar os ciclos do nitrogênio, oxigênio e dióxido de carbono, pilares básicos da vida e sobrevivência do ser humano.

6. GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO QUÍMICA. Interações e Transformações: química e a sobrevivência, atmosfera, fonte de materiais. São Paulo, EDUSP, 1998.

Considerações gerais

Os elementos básicos necessários à sobrevivência humana, tais como ar, água, alimentos e energia são fornecidos pela natureza e transformados pelo homem na atividade laboral. O presente texto tem por objetivo apresentar ao aluno de ensino médio temas do conhecimento químico – a atmosfera – sob o prisma da sobrevivência humana, abordando aspectos históricos, conceituais, experimentais bem como informações e sugestões de atividades extra classe.

Espíritos, vapores, gases: pequena crônica sobre os corpos aeriformes

Na antiguidade, os ventos eram concebidos pelos antigos como divindades, dada a percepção da importância crucial do ar para manutenção da vida, como uma espécie de “alimento” ou “espírito” da matéria. O filósofo grego “Anaxímenes de Mileto (525 a.C.) propôs que todos os tipos de matéria teriam origem numa única substância: o ar” (p. 11). Para ele, a rarefação do ar constituiria o fogo e sua condensação, o vento, a água, a terra e as pedras, estabelecendo uma analogia entre o ar e o espírito. Aristóteles (384-322 a. C.), por sua vez, afirmou que a matéria se constituía a partir, não de um, mas de quatro elementos sendo o ar, a água, a terra e o fogo, onde “os diferentes tipos de matéria resultariam das diferentes proporções em que os elementos combinariam entre si” (p. 12). O vapor, a névoa e a fumaça, por exemplo, são matérias constituídas pelo ar, caracterizados pela propriedade de serem voláteis. O pensamento aristotélico influenciou os alquimistas na medida em que seu

pensamento era coerente com a busca da transmutação da matéria. A prática laboratorial, muito utilizada pelos alquimistas, como a destilação, por exemplo, demonstrava a liberação de substâncias voláteis que eram frequentemente “interpretadas como o desprendimento do elemento “ar”, ou de um “espírito” contido no corpo” (p. 12). O médico suíço Paracelso (1493-1541) propôs que a matéria seria constituída pela combinação de três princípios, sendo o enxofre, o mercúrio e o sal, cada qual representando “um conjunto de propriedades presentes na matéria: o *enxofre* tornaria os corpos combustíveis e organizaria suas estruturas; o *mercúrio* daria aos corpos fluidez, elasticidade e volatilidade; e o *sal* forneceria cor, solidez e imutabilidade da matéria” (p. 13).

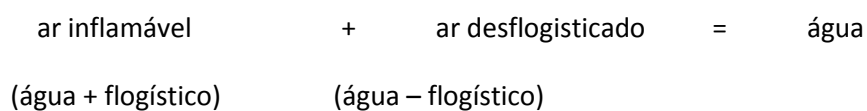
O desenvolvimento posterior da química deveu muito à ideia do enxofre se desprendendo dos corpos durante a combustão, dando origem a teoria do *flogístico*. Somente mais tarde, no séc. XVII, o médico belga Joan Baptista Van Helmont (1579-1644) criou a palavra gás. Para ele, a água e o ar eram elementos primordiais e que não poderiam ser convertidos um no outro. Segundo Helmont, na criação, Deus implantou na água primordial fermentos que dariam origem a toda a diversidade de matéria existente. A partir de observação de práticas laboratoriais, percebeu que durante a combustão de certos elementos se desprendia um corpo semelhante ao ar, como que uma substância essencial se “libertando” de sua forma exterior, que ele chamou de gás. No entanto, cada corpo daria origem a um gás específico, e que tais gases, na sua diversidade, seriam distintos do ar – meio mecânico pelo qual transitavam os gases.

A partir do séc. XVII alguns filósofos da natureza conceberam o Universo como uma imensa máquina e procuravam explicar os fenômenos naturais a partir dessa concepção. O *mecanicismo*, como era chamado, influenciou importantes pensadores, como René Descartes (1596-1650), Galileu Galilei (1564-1642) e Isaac Newton (1642-1727) na física, mas o mesmo não aconteceu na química. Com relação ao problema levantado por Galileu acerca da limitação do bombeamento da água, que não podia ultrapassar os 10,5 metros, Evangelista Torricelli (1608-1647), ao aceitar que o ar era um fluido, como a água, “pôde aplicar ao estudo do ar as leis da hidrostática desenvolvida por Arquimedes de Siracusa (287-212 a. C.) na Antiguidade, e por Simon Stevin (1548-1620), no séc. XVII” (p. 14). Torricelli descobriu ainda que o mercúrio, sendo 14 vezes mais denso que a água, era mais eficaz que esta para contrabalançar a pressão do ar. Blaise Pascal (1623-1662) e seu cunhado, Perier, descobriram que a altura da coluna de mercúrio diminuía em regiões mais altas. Mas foi a partir da invenção da bomba a vácuo por Otto Von Guericke (1602-1686) que a pressão exercida pelo ar pôde ser controlada em laboratório. Robert Boyle (1627-1691), junto com Robert Hooke (1635-1703), construiu a

melhor bomba a vácuo de sua época, resultando na chamada lei de Boyle, segundo a qual o volume do ar é inversamente proporcional à pressão exercida sobre ele. A partir de outras experiências, Boyle afirma que o ar é composto por partículas espirais que giram em torno de si mesmas, e explica a expansão do ar se dá quando a pressão diminui e suas partículas se desenrolam, ocupando um espaço maior. Porém, Boyle não utiliza o termo cunhado por Van Helmont, por não compreender sua teoria. O termo gás é retomado pelo químico alemão Johann Joachim Becher (1635-1682), que influenciou fortemente Georg Ernst Stahl (1660-1734) na sua teoria do flogístico, mas só ganhou popularidade e se integrou no vocabulário químico no séc. XVIII, a partir do trabalho de Pierre Macquer (1718-1784). Segundo a linha de raciocínio de diversos pensadores, Daniel Bernoulli (1700-1782) afirmou, em 1738, que o ar seria formado por inúmeras partículas em movimento incessante em linha reta e que somente mudariam de direção caso colidissem umas com as outras ou contra a parede do recipiente em que estivesse confinada, lançando base para a moderna teoria cinética dos gases elaborada por Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822-1888), para quem o gás era “formado por moléculas cujos movimentos obedeciam às leis da mecânica clássica”, teoria desenvolvida posteriormente “pelo inglês James Clerk Maxwell (1831-1879) e pelo austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906), que estudaram a distribuição das velocidades moleculares” (p. 16). Para eles, “o estudo do gás traria melhores resultados considerando-se as moléculas não como indivíduos, mas como um universo estatístico regido pelas leis da probabilidade. (...) Um dos importantes resultados obtidos por Boltzmann foi atribuir à grandeza termodinâmica chamada entropia um significado físico relacionado ao número de estados microscópicos que as moléculas de um sistema podem assumir num dado instante” (p. 16).

O estudo dos gases teve um grande impulso a partir do desenvolvimento de um aparelho, chamado *cuba hidropneumática*, pelo biólogo inglês Stephen Hales (1677-1761), que permitiu recolher uma diversidade de gases sem misturá-los com o ar presente na atmosfera. Quando o gás produzido era transportado para o outro compartimento do dispositivo por meio de um tubo, era possível observar a água de um recipiente se deslocando para o outro. “O desenvolvimento da *cuba hidropneumática* fez surgir na Inglaterra uma geração de químicos devotados ao estudo dos “diferentes tipos de ar”: foram os chamados pneumaticistas” (p. 17). O primeiro deles, Joseph Black (1728-1799), cuja experiência foi responsável por romper com a concepção de Hales segundo o qual todo o ar contido nas substâncias era o ar atmosférico. Henry Cavendish (1731-1810), na obra *Sobre os Ares Factícios*, trata dos ares fixos nos corpos que são liberados artificialmente por meio de operações químicas. A primeira parte do texto trata do *ar inflamável*; a segunda, sobre o ar

fixo descoberto por Black e a terceira parte dos ares que são produzidos pelos processos de fermentação e de putrefação. Em suas experiências, verificou que o ar inflamável era sempre o mesmo, de densidade menor que a do ar atmosférico. Para Cavendish, o ar inflamável era o próprio *flogístico* e provinha do metal. Outro pneumaticista importante foi Joseph Priestley (1733-1804) que, em suas experiências notou que o ar fixo dissolvido na água a tornava saborosa e efervescente, inventando a água gaseificada. “Publicou seis volumes de *Experimentos e observações sobre diferentes tipos de ar*, descrevendo como produziu, recolheu e estudou as substâncias às quais modernamente denominamos de óxido nítrico, óxido nitroso, oxigênio, cloreto de hidrogênio, amônia, dióxido de enxofre e tetra fluoreto de silício” (p. 18), bem como estudou as propriedades desses diversos ares. Uma de suas descobertas mais importantes deu-se a partir de uma experiência em que descobriu um ar mais combustível que o ar atmosférico que chamou de ar *desflogisticado*, que posteriormente testado em ratos descobriu que este ar era melhor para ser respirado que o ar atmosférico. Ao trocar informações sobre os resultados de suas experiências com Priestley, Cavendish soube do ar desflogisticado e o incorporou em suas experiências. Mais tarde publicou uma importantíssima descoberta que era o resultado de uma combustão entre o ar desflogisticado e o ar inflamável: a água. Porém, decepcionado com a ideia de que a água não era um elemento e sim o produto de dois ares invisíveis, logo tratou de explicar o resultado de sua descoberta sugerindo que a água já estaria pré-formada no interior dos dois ares, em quantidades diferentes de uma substância que, ao serem combinados, eram reduzidos a água, conforme ilustra o esquema proposto abaixo:



Os estudos da matéria a partir do flogístico, levaram a outras importantes descobertas e hipóteses. O sueco Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), por exemplo, se dedicou a estudar a constituição do ar, já que se tratava de um pré-requisito básico de qualquer combustão. Ao observar que alguns corpos combustíveis expostos a uma quantidade de ar tinham seu volume diminuído. Isso ocorria porque na combustão, o flogístico, que era liberado do corpo inflamável, combinado com uma parte do ar, que ele chamou de *ar ígneo*, escapava na forma de calor. Com o objetivo de isolar o *ar ígneo*, realizou diversos experimentos utilizando *água-*

forte na intenção de retirar o flogístico do calor. O processo consistiu em fixar a água-forte com potassa, aquecer o sal resultante e passar os produtos voláteis por uma solução de cal apagada absorvendo os fumos vermelhos recolhendo uma substância que, em 1771, ele acreditou ser o *ar ígneo*, pois fazia uma vela queimar com chama grande e brilhante. “Assim, o trabalho dos químicos pneumaticistas incorporou importantes modificações em relação às concepções antigas sobre o ar. Os “diferentes tipos de ar” foram reconhecidos como substâncias distintas por causa de suas propriedades, e não mais como um só elemento impurificado de diversas maneiras” (p. 20).

Na França, Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), que tinha à sua disposição um laboratório com os melhores aparelhos bem como as últimas informações sobre os trabalhos desenvolvidos pelos maiores químicos de sua época, num texto de 1773 reconhecia a existência de três estados da matéria, sendo os *fluidos aeriformes* um deles, que ele chamou de estado de expansão ou vapores, ao lado dos sólidos e dos fluidos como a água, podendo um corpo passar sucessivamente pelos três estados dependendo da maior ou menor quantidade da matéria do fogo – o flogístico. Antes disso, Lavoisier afirmou que o metal era formado por cal metálica combinada com a “matéria do ar” e por isso, quando aquecido, se transformava em cal e liberava o ar.

Segundo o químico francês Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), todos os metais calcinados no ar aumentavam de peso, acreditando que na calcinação havia liberação de flogístico, e este era tão leve que fazia os corpos flutuarem, sendo esta a razão dos metais serem mais leves que sua cal. Quando Lavoisier leu este trabalho, “começou a pensar numa explicação mais razoável: o ar, ao se fixar no metal, provocaria o aumento de peso” (p. 21). Para comprovar sua hipótese, em outubro de 1772 Lavoisier aqueceu litargírio misturado com carvão e observou a liberação de um enorme volume de ar resultando no chumbo metálico. Em seus estudos sobre pneumática, estava convencido de que era o “ar fixo” de Black, encontrado na atmosfera, que se combinava com os metais formando as cales. Em 1774 soube da experiência do farmacêutico parisiense Pierre Bayen, que transformou cal vermelha de mercúrio em mercúrio metálico via aquecimento. Nesse mesmo ano encontrou-se com Priestley, que visitava Paris, e este compartilhou a descoberta do *ar desflogisticado*. O resultado desses encontros levou Lavoisier a afirmar que durante a calcinação, ocorria a combinação de metal com “ar puro”, e não com uma parte do ar, como supunha Scheele. Depois de uma série de experimentos com o aquecimento de mercúrio metálico e a cal vermelha de mercúrio “que Lavoisier concluiu que o ar seria formado por dois gases: cerca de um sexto seria o *ar eminentemente respirável*, responsável pela combustão; os demais cinco

sextos seriam um outro gás que não mantinha a vida dos animais, chamado *mofeta atmosférica*” (p. 22). Em 1779, chamou de oxigênio o *ar eminentemente respirável* (porque este combinado com não metais formava o ácido). O gás oxigênio era *princípio oxigênio* unido ao *calórico*; na queima, o *princípio oxigênio* ao se combinar com o corpo inflamável libera calor. A descoberta de Cavendish de que a queima de *ar inflamável* com *ar desflogisticado* formava água, forneceu a Lavoisier a chave que faltava na construção do sistema que excluía o flogístico. Repetindo a experiência da síntese da água, queimando *ar inflamável* (que ele rebatizou de gás hidrogênio) com gás oxigênio, decompôs a água, cujo vapor, passando por um cano de ferro incandescente, obteve gás hidrogênio e cal de ferro. Lavoisier foi o primeiro a compreender que a água era, de fato, uma substância composta e permitiu que este combatesse a teoria do flogístico, afinal, se os fenômenos químicos eram explicados sem tal substância, havia de se duvidar da sua própria existência. “Ocupando um lugar de destaque no novo sistema estava um gás – o oxigênio” (p. 22).

Assim, ao final do séc. XVIII se concluíra que o ar não era um elemento, mas ao mesmo tempo levanta-se outra importante questão: estariam o oxigênio e o nitrogênio combinados quimicamente na atmosfera ou somente misturados mecanicamente? Como a atmosfera parecia uma composição bastante homogênea, tendia a hipótese da combinação química. Além do mais, na hipótese de os gases estarem apenas misturados, eles deveriam se estratificar em razão de suas densidades, como ocorre, por exemplo, quando misturamos água e óleo. Sobre esta questão debruçou-se o professor inglês John Dalton (1766-1844) quem, em suas primeiras pesquisas, preocupou-se com a quantidade de vapor de água existente na atmosfera. Dalton observou que a quantidade de vapor necessária para a saturação de um determinado volume de ar aumentava com a temperatura, e que ocorria o mesmo ao substituir o ar por outros gases, concluindo assim que a quantidade de vapor de água num gás dependia apenas da temperatura, e não de sua natureza. Além disso, descobriu, por intermédio de outro experimento, que a pressão exercida por um gás independe da presença de outros gases, hoje conhecida como *Lei de Dalton das Pressões Parciais*. Esta experiência o levou a desacreditar na possibilidade de que o ar fosse um composto, pois se a água parecia estar mecanicamente misturada na atmosfera, por que não estariam também o oxigênio e o nitrogênio? “Ao buscar explicação para esses fenômenos, Dalton foi desenvolvendo a hipótese atômica” (p. 23), pois acreditava que a difusão de um gás se dava por ser este formado por partículas que se repelem (como foi proposto já no século XVII). Mas a hipótese imaginava que partículas de gases diferentes não exerciam atração nem repulsão entre si, podendo se difundir livremente num mesmo recipiente que resultaria numa mistura homogênea. Para ele,

as partículas dos corpos materiais eram como esferas maciças envoltas numa espécie de atmosfera de calor, sendo este o responsável pela repulsão entre elas. Assim, um corpo sólido era formado por partículas com pouco calor em torno de cada uma, o que explica a pouca repulsão e sua coesão. Mas ao ser aquecido, o calor aumentaria e a repulsão entre suas moléculas faria o corpo passar ao estado líquido e, posteriormente, ao gasoso.

A fragilidade deste modelo é que ele não explica por que partículas de gases diferentes não se repelem, se a causa da repulsão é o calor, cabe questionar se haveria então um tipo diferente de força repulsiva para cada substância. Ao debruçar-se sobre tais dificuldades, Dalton teve acesso a novos dados obtidos pelo químico e físico britânico William Henry (1774-1836), que concluiu que, a uma dada temperatura, a massa de um gás dissolvido em um líquido é proporcional à pressão do gás que atua sobre ele, dando evidências da dissolução como um efeito mecânico e que o mesmo poderia ocorrer com os gases na atmosfera. O trabalho de Henry despertou novas dúvidas, como por exemplo, por que certos gases são muito solúveis em água e outros não? Dalton supôs que isso teria alguma relação com a massa e o tamanho de cada partícula, e começou a desenvolver trabalhos nesse sentido. Ele também modificou o modelo do estado gasoso, onde os átomos de gases diferentes teriam também a massa e o tamanho diferentes. Nesse modelo, as atmosferas de calor de mesmo tamanho se repeliriam, enquanto que as atmosferas de calor de tamanhos diferentes não, explicando, dessa forma, porque um gás numa mistura se comporta de maneira neutra em relação aos outros.

A ideia atômica de Dalton retoma a Antiguidade, mas “a novidade introduzida por Dalton foi desenvolver um método para calcular os pesos relativos dos átomos – estabelecendo assim uma ponte entre a hipótese e fatos observáveis, concretos e observáveis” (p. 24). Foi ele também o primeiro a publicar uma lei relativa ao comportamento dos gases segundo a qual todos eles se expandem com o calor de acordo com um mesmo coeficiente, observação que fora feita em 1787 por Jacques Alexandre César Charles (1746-1823), porém, não publicada, sendo por isso chamada de *Lei de Charles*. Este apenas relatou sua descoberta verbalmente a Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850), que estudou as relações entre os gases, chegando à seguinte conclusão, em 1808, que os “gases [...] combinam entre si em proporções muito simples, e a contração de volume que eles experimentam na combinação também segue uma lei regular” (p. 25). Essa generalização reforça a teoria atômica de Dalton, à medida que supõe que volumes iguais de gases encerrariam o mesmo número de átomos. O volume dos produtos, entretanto, é conflitante com tal suposição, levando diversos estudiosos da época a duvidarem da veracidade das observações de Gay-

Lussac. Para Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), o esquema de Gay-Lussac era adequado aos gases simples, mas não aos compostos. Mas foi o físico italiano Amadeo Avogadro (1776-1856) o primeiro a explicar estas observações: “volumes iguais de gases, sob condições similares, conteriam igual número de partículas que ele chamou de *moléculas*” (p. 25). O oxigênio e o hidrogênio, por exemplo, seriam formados por *moléculas constituintes* que nas transformações químicas poderiam se dividir em *meias-moléculas* ou *moléculas elementares*, chamadas de átomos. Por exemplo, “ao reagir com duas *moléculas constituintes* de nitrogênio, cada *molécula constituinte* de oxigênio se dividiria em duas *meias-moléculas* de oxigênio. Por isso é que resultariam duas *moléculas integrantes* de óxido nítrico. Porém, ao explicar a lei de Gay-Lussac, esse modelo conflitava com outras teorias, como a do próprio Dalton, que dizia que átomos do mesmo elemento se repelem não sendo possível, portanto, existir moléculas diatômicas.

A teoria de Berzelius também não podia admitir a união de dois átomos iguais na formação de uma molécula, devido a essas contradições, a teoria molecular de Avogadro foi relegada por algum tempo. Aliado a isso, muitos químicos não aceitavam o conceito de átomo, como o inglês Humphry Davy (1778-1829), que utilizava o termo massa equivalente e não massa atômica. Foi somente em 1860, num congresso realizado em Karlsruhe que as ideias de Avogadro tiveram aceitação em razão da publicação de um artigo do italiano Stanislao Cannizzaro (1826-1910), onde demonstrava que a hipótese de Avogadro poderia fundamentar um novo sistema de conhecimentos químicos e resolver muitos dos problemas que até então os atormentavam. Depois disso, a química teve à sua frente um longo caminho a ser trilhado. Antes disso, porém, inúmeras leis sobre o comportamento dos gases foram enunciadas, como a do inglês Thomas Graham (1805-1869) que, em 1830, “mostrou que a velocidade de difusão de um gás é inversamente proporcional à raiz quadrada de sua densidade absoluta” (p. 26). Na termodinâmica, os ingleses James Prescott Joule (1818-1889) e William Thomson (1824-1907) observaram que ocorria diminuição da temperatura de gases expandidos no vácuo – *Efeito Joule-Thomson* – que se explica da seguinte forma: as moléculas de gás, ao realizarem um trabalho interno para vencer as forças de atração intramoleculares, causam resfriamento. Essa descoberta foi utilizada para a fabricação de ar líquido na Alemanha e Inglaterra a partir de 1895. Esta produção foi possível graças ao trabalho de Thomas Andrews (1813-1885) que, ao observar o comportamento do dióxido de carbono, “notou a existência de uma *temperatura crítica* – acima da qual não seria mais possível liquefazer o gás apenas por aumento da pressão sobre ele”, e a partir disso, em 1877 pode-se obter, pela primeira vez, oxigênio e nitrogênio líquidos.

Durante o séc. XIX, as pesquisas puderam mostrar que o comportamento dos gases poderia ser diferente daqueles previstos pelas leis conhecidas até então, como a lei de Boyle e a lei de Charles, dependendo da pressão e da temperatura a que eram expostos. O holandês Johannes Diderick van der Waals (1837-1923), por exemplo, modificou a relação $p.V = n.R.T.$ visando obter uma equação mais adequada aos resultados das experiências, pois os desvios são frutos das *interações moleculares*, resultando na seguinte equação, por ele proposta: “[$p + (a.n^2/V^2)$].(V – nb) = n.R.T, onde a e b são constantes características de cada gás, obtidas empiricamente” (p. 27). Esta equação se ajusta aos fenômenos experimentais não descritos pela anterior, mas também perde em generalidade pelo fato de haver mais de uma variável. Depois desta, outras equações foram sugeridas, como a de Wohl, de Callendar, de Dieterici, de Berthelot, de Beatti e Bridgeman e a dos Coeficientes Viriais, de Kammerlingh-Onnes.

Em 1868, diversos pesquisadores, como o astrônomo Joseph Norman Lockyer (1836-1920) e o químico Edward Frankland (1825-1899), se empenharam para registrar um espectro da luz do sol durante um eclipse solar. Estes chegaram a conclusão de que havia um comprimento de onda emitido pelo sol que não era nenhum dos conhecidos na terra, sendo, portanto, característico do sol, que foi denominado de *hélio*.

John William Strutt (1842-1919) e William Ramsay, determinados em calcular a densidade do nitrogênio na década de 1890, se surpreenderam ao descobrir que a densidade do nitrogênio preparado pela decomposição de um composto nitrogenado, como a amônia, por exemplo, era menor que a densidade daquele encontrado na atmosfera. Strutt repetiu uma experiência de Cavendish, que consistia em enriquecer uma amostra de ar com oxigênio e submetê-la a faíscas elétricas para que todo o nitrogênio reagisse com o oxigênio, e percebendo que uma pequena parte de gás não reagia, acreditaram ter descoberto um novo elemento químico na atmosfera, denominado de *argônio*. Depois disso, prepararam uma boa quantidade dele e estudaram suas propriedades químicas, combinando-o com outras substâncias, como o hidrogênio, cloro, sódio, enxofre, e outros, sem obter reação alguma. Descobriram também que suas moléculas eram monoatômicas, fato que os surpreendeu ao ponto de ficarem em dúvida quanto à sua classificação na tabela periódica, situação resolvida bem mais tarde, em 1900, aproximadamente, quando Dmitri Ivanovith Mendeleiev (1834-1907) descobriu outros gases inertes e monoatômicos e os organizou numa nova família na tabela.

Em 1895, quando Ramsey pensou ter encontrado argônio a partir do aquecimento de um mineral que liberava um gás parecido com o nitrogênio, o submeteu a análises

espectroscópicas e descobriu tratar-se não de argônio, mas daquele encontrado no sol durante o eclipse de 1868. Foi assim a descoberta da existência de hélio na Terra. A partir dessa descoberta, com a ajuda de Morris Travers (1872-1961), descobriu, em 1898, três novos gases inertes e monoatômicos, o *criptônio*, o *neônio* e o *xenônio*. O radônio, o último elemento da família dos *gases nobres*, uma emissão gasosa do rádio, foi descoberto em 1900. Na década de 1920, os estudos sugeriram que os gases nobres teriam camadas eletrônicas completas, explicando, desse modo, sua inércia. Gilbert Newton Lewis (1875-1946) e Irving Langmuir (1881-197) desenvolveram a chamada *regra do octeto*, demonstrando que os elementos se combinam de maneira a completar suas camadas eletrônicas externas, resultando em configurações eletrônicas semelhantes às dos gases nobres. Isso abriu o horizonte para que os químicos posteriores vissem a possibilidade de compostos de gases nobres, tentando desenvolver experiências com eles. Em 1961, Neil Bartlett (1931-) preparou um sal de xenônio, sendo o primeiro composto químico obtido de um gás nobre, o hexafluoroplatinato de xenônio (XePtF_6).

O modelo imaginado hoje para os gases é o resultado da teoria cinética do século XIX acrescido das modificações introduzidas pela física quântica do século XX, assim, o gás é concebido como uma matéria com interações menos intensas entre as partículas, cujos espaços (vazios) entre elas são bem maiores que nos sólidos e líquidos. Nos gases, as partículas estão em constante movimento caótico em linha reta, até colidirem entre si ou entre as paredes de um recipiente, quando têm sua trajetória alterada. A teoria cinética dos gases pode calcular “a velocidade média das partículas, sua energia cinética média, o número médio de colisões experimentadas por uma partícula por segundo, a distância média percorrida por uma partícula entre duas colisões consecutivas” (p. 29), ou seja, das moléculas em movimento, como ondas, por isso a termodinâmica estatística dos gases utilizando-se da mecânica ondulatória.

Considerações sobre experimentação no ensino de química

Edgard Dale aponta que “as experiências intencionais diretas, bem como as demonstrações, ocupam posições de destaque nas atividades de aprendizagem às quais estamos sujeitos” (p. 38), porém, por vezes o trabalho prático se torna improdutivo por diversas razões, como o fato das aulas experimentais estarem isoladas do contexto de ensino, sem discussões anteriores e posteriores, mas, principalmente, à separação entre a teoria e a prática, ou seja, entre o fazer e o pensar, tornando-se necessário discutir a “função” da aula

experimental. É preciso saber diferenciar o papel da experiência na ciência e no ensino de Ciências, aquela tem como função “testar a adequação empírica do desenvolvimento de uma ideia, de uma teoria, provendo evidências para a proposição teórica” (p. 48), já as experiências em ensino possuem uma função pedagógica. O alerta é para não confundir as circunstâncias da relação do cientista e a experiência com a do aluno. De acordo com Hodson (1988), “nem todo trabalho prático executado pelo aluno é um trabalho de laboratório” (p. 48), estes podem também consultar as fontes, fazer demonstrações e simulações, construir modelos, confeccionar cartazes, dentre outros.

Na abordagem construtivista, o conhecimento é concebido a partir da tentativa do aluno dar significado ao mundo em que vive, construindo e reconstruindo o objeto de conhecimento, é nesse processo contínuo que sua experiência torna-se também produtora de conhecimento, uma espécie de simbiose entre o conhecimento “científico” do professor e o conhecimento “intuitivo” do aluno. Deve-se, portanto, partir do conhecimento prévio do aluno para desenvolvê-lo e modificá-lo. É nesse contexto que o trabalho de laboratório deve ser pensado, como uma ponte entre o conhecimento prévio do aluno e aquele a ser construído. O trabalho de laboratório atua assim como uma espécie de teste às ideias do aluno, é a experiência causando o “desequilíbrio cognitivo”, a familiarização com os fenômenos que se almeja ser apreendido. “O aprendiz deve ter a oportunidade de conhecer e manusear instrumentos, fazer medidas, realizar experiências, de maneira a poder testar suas próprias ideias e a reconstruir suas concepções sobre o mundo físico que o cerca” (p. 48).

O trabalho de laboratório não pode prescindir do trabalho teórico-conceitual a ele correspondente, sob pena de tornar-se improdutivo ao processo de ensino-aprendizagem. Este deve ser aprendido enquanto mediação entre o aluno e o objeto de conhecimento. As atividades experimentais têm por função prover evidências concretas dos processos de exploração e de reelaboração de ideias que são, de fato, a essência do processo de aprendizagem.

Experiências que ilustram alguns conceitos elaborados no módulo

As experiências propostas pelo texto são as seguintes:

1. Ferver água com gelo. Pressão de vapor da água; pressões parciais; ebulição;
2. Difusão e solubilidade de gases;

3. Separação de gases por liquefação;
4. Preparação e algumas propriedades do nitrogênio;
5. Preparação e algumas propriedades do oxigênio;
6. Reatividade de alguns metais;
7. De que depende o enferrujamento;
8. Revendo características das partículas do oxigênio;
9. Determinação do volume molar do oxigênio;
10. Preparação e algumas propriedades de gás carbônico.

Sugestões de trabalho em atividades extra classe

Para melhor compreender os fenômenos do mundo físico e integrá-los com o conhecimento de outras áreas, são propostos temas a serem desenvolvidos fora da sala de aula, como em eventos culturais e/ou feira de ciências realizadas na escola.

Com o objetivo de despertar o interesse dos alunos, sugere-se a discussão dos temas a serem apresentados, assim, de acordo com a abordagem construtivista, desde o início os alunos estarão tomando decisões. Após a escolha do tema, o professor indica a bibliografia e pede aos alunos que elaborem um plano de trabalho a ser elaborado e discutido em grupo. Depois de concluídos os trabalhos, alunos e professor decidem a forma da exposição dos trabalhos (seminário, feira de ciências, etc). Cabe ao professor orientar e estimular os alunos durante todas as fases do trabalho.

Sugestão de temas:

1. Adubos orgânicos, químicos e fertilizantes

Referências:

AMBROGI, A. *et al.* **Unidades Modulares de Química**. SP: Nobel, 1966, vol. 1, p. 93;

BARRETO, Celso Xim. **Prática em Agricultura Orgânica**. SP: Ícone, 1985;

LAMBERT, Mark. Agricultura e Meio Ambiente. SP: Scipione, 1993, p. 40;

SUREEVE, R. Norris & BRINK Jr, Joseph A. **Indústrias de Processos Químicos**. RJ: Guanabara, p. 374.

2. Oxigênio e a vida no planeta

Referências:

AMARAL, Luciano do. **Trabalhos práticos de Química**. SP: Nobel, 1966, vol. 1, p. 93;

BELTRAN, Nelson Orlando & CISCATO, Carlos Alberto. **Química**. SP: Cortez, 1991, p. 20;

GOODY, Richard M. & WALKER, J. C. G. **Atmosferas Planetárias**. SP: Edgard Blücher, 1982, p. 129;

MENEHINI, Rogério. "A Toxicidade do oxigênio". **Ciência Hoje**, 5, (28): 56-62, jan-fev. 1987;

SECRETARIA de Educação do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. **Subsídios para a Implementação da Proposta Curricular de Biologia do 2º Grau**. São Paulo: SE/Cenp, 1980, vol. 2, p. 39;

SUREEVE, R. Norris & BRINK Jr, Joseph A. **Indústrias de Processos Químicos**. RJ: Guanabara, p. 469.

3. Os metais enferrujam? – Corrosão

Referências:

GEPEQ – LABORATÓRIO ABERTO. Os metais: dos minérios às panelas, fios e automóveis. Texto e Experimentos. Estação Ciência, 1994;

SECRETARIA de Educação do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. **Subsídios para a Implementação da Proposta Curricular de Química do 2º Grau**. São Paulo: SE/Cenp/Funbec, 1979, vol. 1, p. 46;

VIDELA, Héctor A. **Corrosão microbológica: biotecnologia**. SP: Edgard Blücher, 1981.

4. Efeitos Estufa e o "buraco na camada de ozônio"

Referências:

BAINES, John. **Preserve a Atmosfera**. SP: Scipione, 1993;

GLOBO CIÊNCIA. “A onda das geladeiras verdes”, 33, 32-33, abr. 1994;

KIRCHOFF, Volker W. J. H. “O buraco na camada de Ozônio”. **Ciência Hoje das Crianças**, 5.(28): 2-5, jul-set. 1992;

KIRCHOFF, Volker W. J. H. & MOTTA, Adauto G. & AZAMBUJA, Sidney O. “Camada de Ozônio: um filho ameaçado”. **Ciência Hoje**, 5, (28): 28-33, jan-fev. 1982;

MARCONDES, Ayrton C. & SOARES, Paulo A. de Toledo. **Curso Básico de Educação Ambiental**. SP: Scipione, p. 64.

5. Gases, Conservação e Deterioração de Alimentos

Referências:

LASZLO, Herta; BASSO, Lídia M. & COELHO, Cláudia M. de L. **Química de Alimentos: alteração dos compostos orgânicos**. SP: Nobel, 1986;

LUTH, Mansur. **Cotidiano em Educação em Química**. RS: Ijuí, 1988;

AQUARONE, E. *et al.* **Alimentos e Bebidas produzidos por fermentação**. SP: Edgard Bülcher, 1983, vol. 5;

NUFFIELD FOUNDATION. **Bioquímica**. Barcelona: Editorial Reverté, 1974.

Mapa conceitual

7. KOTZ, J. C.; TREICHELJ JR, P. M. **Química geral e reações químicas**. São Paulo: Thomson, 2005/2009. v. 1 e 2.

VOLUME 1

O livro é dividido em várias partes, sendo que o volume 1 em questão engloba as Parte 1: As Ferramentas Básicas da Química e a Parte 2: A Estrutura dos Átomos e Moléculas.

Na parte 1 são destacadas as ideias básicas e métodos de toda a química. O Capítulo 1 define termos importantes, acompanhando a seção de unidades de revisão e métodos matemáticos. O Capítulo 2 introduz ideias básicas de átomos, moléculas e íons e o mais importante instrumento de organização em química, a tabela periódica. Nos Capítulos 3 e 4 são discutidos os princípios da reatividade química e introduzidos os métodos numéricos usados pelos químicos para extrair informação quantitativa a partir das reações químicas. O Capítulo 5 é uma introdução à energia envolvida nos processos químicos. O capítulo complementar A Química de Combustíveis e Fontes de Energia segue o Capítulo 5, usando muitos dos conceitos desenvolvidos nos capítulos precedentes.

Na parte 2 o objetivo é delinear as teorias existentes sobre o arranjo dos elétrons nos átomos (Capítulos 6 e 7). A discussão está intimamente ligada ao arranjo dos elementos na Tabela Periódica de modo que essas propriedades possam ser usadas para previsões de comportamento. No Capítulo 8 é discutido como os elétrons nos átomos em uma molécula levam a uma ligação química e às propriedades destas ligações. Mostra-se também como se deriva uma estrutura tridimensional de moléculas simples. O Capítulo 9 discute as principais teorias da ligação química em mais detalhes. Esta parte do livro é completada com uma discussão sobre a química orgânica, primeiramente a partir do ponto de vista estrutural. Esta seção inclui o capítulo complementar sobre a História da Química, e o capítulo sobre a Química da Vida, a Bioquímica.

PARTE 1 – CONCEITOS DE QUÍMICA

1. CONCEITOS BÁSICOS DE QUÍMICA

Os objetivos do capítulo são: entender as diferenças entre hipóteses, leis e teorias; aplicar a teoria cinética molecular às propriedades da matéria, classificar a matéria, reconhecer elementos, átomos, compostos e moléculas; identificar propriedades físicas e químicas e suas mudanças,

Exemplificando com uma bebida isotônica para esportistas, o autor mostra como podem ser identificadas as substâncias que a compõem, usando conhecimentos químicos. Mostra também como o Laboratório Analítico Olímpico identifica a presença de drogas proibidas, como esteroides, no organismo de atletas, usando técnicas analíticas como cromatografia gasosa para a separação dos componentes e espectrometria de massa para a identificação destes compostos.

1.1. QUÍMICA E SEUS MÉTODOS

Hipóteses, Leis e Teorias - Mostra como inferir dados quantitativos (numéricos, como temperatura de fusão) e qualitativos (como coloração) em análises, e os procedimentos para garantir a reprodutibilidade destas, bem como comparações com bancos de dados. A partir desses dados, são formuladas hipóteses que, se confirmadas, dão origem às leis (equações matemáticas ou enunciados), que se tornam a base da ciência, ajudando a prever o que pode ocorrer em determinadas circunstâncias. Então, uma teoria é formulada para explicar determinados fenômenos, com base em evidências reprodutíveis e cuidadosamente determinadas.

Metas da Ciência – Duas das várias metas da ciência são a previsão e o controle de certas reações, e a terceira inclui a sua explanação e o entendimento. Para garantir a integridade da ciência, seguem-se algumas regras: resultados reprodutíveis, dados publicados com detalhes suficientes para serem confrontados ou reproduzidos e conclusões razoáveis e não tendenciosas, bem como atribuição correta dos créditos.

Dilemas e Integridade na Ciência – A pesquisa raramente é fácil, pois resultados podem ser inconclusivos, experimentos incertos e dados contraditórios.

Perspectivas químicas: questões morais na ciência - o autor questiona os avanços da ciência e seu efeito na sociedade, usando como exemplo a aplicação do inseticida DDT e as consequências do desequilíbrio ambiental.

1.2. CLASSIFICANDO A MATÉRIA

Estados da Matéria e Teoria Cinética Molecular - O Capítulo mostra como os materiais são classificados por seus estados sólido, líquido e gasoso e como influências externas, como temperatura, podem modificar estes estados. A teoria cinética-molecular diz que toda matéria consiste de pequenas partículas (átomos, moléculas ou íons), em constante movimento e como estão estruturadas em cada estado. O aumento do movimento das moléculas com o aumento da temperatura é descrito (aumento da energia cinética).

Matéria a níveis Macroscópicos e Particulados - No nível macroscópico a matéria possui características como cor, odor, percebidas pelos sentidos humanos (experimentos e observações). O nível microscópico, de átomos, moléculas e íons, só pode ser representado simbolicamente.

Os autores mostram como as substâncias puras são diferenciadas das misturas, e como se usam processos físicos para classificar as misturas homogêneas, com duas ou mais substâncias na mesma fase, como sal dissolvido em água, e as heterogêneas, como por exemplo, água contendo partículas de solo, que pode ser purificada por filtração.

1.3. ELEMENTOS E ÁTOMOS

Os autores descrevem os elementos (compostos contendo apenas um tipo de átomo), dos quais apenas 90 são encontrados na natureza, sendo os demais criados por cientistas, seus símbolos e um breve histórico de descobertas, introduzindo a tabela periódica.

Descreve-se o átomo como a menor partícula que retém as características químicas de cada elemento e como a química moderna se baseia no entendimento e exploração do nível atômico

1.4. COMPOSTOS E MOLÉCULAS

Descrição de composto químico como substância composta de dois ou mais diferentes elementos, mantidos juntos por ligações químicas. A partir de 117 elementos, mais de 20 milhões de compostos conhecidos. As propriedades dos elementos mudam quando formam compostos. Exemplo: sal de cozinha, formado por sódio e cloro, que quando isolados, são completamente diferentes do composto. Mostra também sua representação por fórmulas.

1.5. PROPRIEDADES FÍSICAS

São descritos peso, cor, ponto de fusão, ponto de ebulição, estado da matéria, densidade, viscosidade, solubilidade, condutividade elétrica entre outras, propriedades que podem ser medidas sem mudança da composição da substância e que podem ser usadas para classificar e identificar substâncias.

1.6. MUDANÇAS FÍSICAS E QUÍMICAS

Enquanto a mudança física não causa perda de identidade química, a mudança química, como a reação entre oxigênio (gás) e hidrogênio (gás), resulta em um terceiro composto, a água (líquido). Para representar esta mudança, usam-se fórmulas químicas chamadas equações químicas. Os reagentes são mostrados à esquerda e os produtos, à direita. O número de átomos deve ser o mesmo, mas as moléculas antes e após a reação são diferentes.

Estudo de Caso: Coloração de Cabelos Antiga e Moderna - mostra como se usava o pigmento conhecido como galena (PbS) para colorir de preto os cabelos. Hoje o mesmo efeito é obtido usando-se PbO e Ca(OH)₂.

No final do capítulo, os objetivos são revisados, propondo-se um guia para estudo dos principais itens discutidos. Questões são propostas, sendo que as de número ímpar mostram as respostas corretas no Apêndice O.

VAMOS REVISAR: AS FERRAMENTAS DA QUÍMICA QUANTITATIVA

O elemento cobre é descrito, bem como sua história, abundância e uso.

Unidades de medida, incluindo escala de temperatura, comprimento, volume e massa são descritos, bem como definidos os termos precisão, exatidão, erros experimentais e desvio padrão, usados em medidas quantitativas

Noções de matemática usadas em química, como exponencial ou notação científica, números significativos, e expressão de incerteza nas medidas são mostrados.

Problemas resolvidos por análise dimensional, em gráficos, são mostrados, bem como um *estudo de caso – Sem Combustível !* - um erro de cálculo que deixou um avião sem combustível, solução de problemas e aritmética química, terminando com questões para estudos, com respostas para os itens de número ímpar (Apêndice O).

2. ÁTOMOS, MOLÉCULAS E ÍONS

Os objetivos deste capítulo são: descrever a estrutura atômica, definir número atômico e de massa, entender a natureza dos isótopos, calcular seus pesos atômicos a partir de massas isotópicas e sua abundância, conhecer terminologias da tabela periódica, fórmulas iônicas e de compostos moleculares, nomear compostos iônicos e moleculares, entender propriedades dos compostos iônicos, o conceito de mol, usar massa molar nos cálculos, calcular a composição molecular de um composto e derivar fórmulas a partir de dados experimentais

2.1. ESTRUTURA ATÔMICA – PRÓTONS, ELÉTRONS E NÊUTRONS

Descreve-se o modelo do átomo proposto por Thomson e Rutherford, após experimentos por volta de 1900, no qual o átomo possui prótons e nêutrons confinados em um pequeno núcleo, que contém toda a carga positiva e quase toda a massa do átomo, e elétrons circundando este núcleo.

2.2. NÚMERO ATÔMICO E MASSA ATÔMICA

Número atômico (Z) é o número de prótons no núcleo – Para um dado elemento, todos os átomos têm o mesmo número de prótons no núcleo. Ex.: hidrogênio com 1 próton, hélio com 2 prótons, lítio com 3 prótons. É o número que aparece no topo de cada elemento na tabela periódica.

Peso Atômico e Unidade de Massa Atômica - o padrão é o carbono 12, assim as massas são relativas a este padrão. Ex.: oxigênio tem 1,3329 vezes a massa do carbono, então sua massa relativa é de 15,9949. A unidade de massa atômica (u) é a expressão da massa das partículas atômicas fundamentais. Seu valor é definido como 1/12 da massa de um átomo de Carbono com 6 prótons e 6 nêutrons e corresponde a $1,66054 \times 10^{-24}$ g.

Número de Massa – número de prótons somado ao número de nêutrons, pois a massa de um elétron é cerca de 1/2000 do valor da massa de prótons e nêutrons, então é desconsiderada.

2.3. ISÓTOPOS

Todos os átomos de dado elemento têm igual número de prótons, mas no caso de isótopos, podem diferir no número de nêutrons, como o boro ($Z = 5$), que pode conter 5 ou 6 nêutrons. Isótopos do hidrogênio têm nomes e símbolos especiais (Deutério e Trítio)

Abundância Isotópica – razão entre o número de átomos de um isótopo e o número total de átomos de todos os isótopos de cada elemento, em porcentagem.

Determinação da Massa Atômica e Abundância Isotópica – feita em amostra gasosa de um elemento, em espectrômetro de massa.

2.4. PESO ATÔMICO

É a massa média de uma amostra representativa de átomos e é determinada experimentalmente para cada elemento.

2.5. A TABELA PERIÓDICA

Desenvolvendo a Tabela Periódica e Perspectivas Históricas: a História da Tabela Periódica - Este item mostra a história da construção da Tabela Periódica, a partir dos estudos de Mendeleev, suas características e o ordenamento dos compostos, de acordo com o aumento de seus pesos atômicos. Mostra também ilustrações de alguns dos 117 elementos conhecidos.

Características da Tabela Periódica e Um Breve Resumo da Tabela Periódica e os Elementos Químicos - São descritos os grupos dos elementos como metais alcalinos, metais alcalinos terrosos, halogênios, gases nobres, metais de transição, lantanídeos, todos divididos em grupos, bem como exemplos destes elementos.

2.6. MOLÉCULAS, COMPOSTOS E FÓRMULAS

Quando um composto é produzido a partir de seus elementos, estes últimos perdem suas características, por exemplo, ocorrendo mudança de coloração ou estado. Esses compostos são representados por fórmulas e modelos moleculares.

Fórmulas – Descreve a composição de moléculas, por exemplo, a água, ou o etanol, mostrando o número de átomos de cada elemento, mas sem informação estrutural.

Modelos Moleculares – Possibilitam a diferenciação entre compostos com fórmula molecular semelhante, por exemplo, o etanol e o éter dimetílico, que possuem o mesmo número de

átomos de C, H e O, mas em diferentes arranjos. Mostram as ligações químicas entre os átomos.

2.7. COMPOSTOS IÔNICOS: FÓRMULAS, NOMES E PROPRIEDADES

Íons e Fórmulas de compostos Iônicos - formam compostos com carga elétrica positiva ou negativa, como o cloreto de sódio e o cal. Para saber as fórmulas, é necessário saber a carga do íon.

Nomes dos íons – Cátion, carregado positivamente, como os metais Na (sódio) e Li (lítio) e Ânion, carregado negativamente, como os não metais Cl (cloro) e F (flúor).

Alguns elementos, como o Hidrogênio, podem perder ou ganhar elétrons, dependendo dos outros átomos de elementos envolvidos na reação. São mostradas as tendências dos íons na Tabela Periódica, relacionadas com suas classificações nos grupos.

Nomes dos Compostos Iônicos – São descritas as regras para denominação de íons metálicos positivos e negativos, inclusive poli átomos, bem como a adição de prefixos e sufixos para suas diferenciações.

Propriedades dos Compostos Iônicos- descreve as forças de atração e repulsão entre substâncias com cargas diferentes e iguais, respectivamente. Essas são as forças eletrostáticas, regidas pela Lei de Coulomb.

2.8. COMPOSTOS MOLECULARES: FÓRMULAS E NOMES

Este item mostra algumas regras para diferenciar um composto molecular (como a água, o açúcar, a aspirina) de um composto iônico (como o sal).

2.9. ÁTOMOS, MOLÉCULAS E O MOL

O conceito de mol é introduzido, para descrever as reações entre átomos e moléculas, de modo macroscópico. Mol é a quantidade de substância que contém entidades elementares equivalentes às contidas em 12 g do isótopo de carbono 12, ou seja, $6,0221415 \times 10^{23}$ partículas, ou número de Avogadro, que concebeu a ideia básica.

Átomos e Massa Molar (M em g/mol) – é a massa, em gramas, de um mol de qualquer elemento. Esse conceito é a base da química quantitativa, e a conversão de mols para massa ou vice-versa possibilita esses cálculos.

Moléculas, compostos e Massa Molar – Conhecendo-se o número de mols ou a massa de átomos e compostos envolvidos em uma reação, é possível calcular a quantidade de átomos necessários para a reação, ou a massa de um produto formado.

2.10. DESCREVENDO FÓRMULAS DE COMPOSTOS

Neste capítulo é mostrado o cálculo da Composição Percentual a partir das massas relativas do composto, e como determinar as fórmulas empíricas (fórmula mínima) bem como as fórmulas moleculares, obtidas da composição percentual.

Os itens abordados são:

Composição Percentual;

Fórmulas Empíricas e Moleculares a partir da Composição Percentual;

Determinando a Fórmula a partir de dados de massa;

Um olhar mais de perto: Espectrometria de Massa, Massa Molar e Isótopos.

2.11. COMPOSTOS HIDRATADOS

Estudo de Caso: O que há naquelas batatas fritas

METAS REVISITADAS DO CAPÍTULO

São propostos 153 exercícios, com as repostas das questões ímpares no Apêndice O.

3. REAÇÕES QUÍMICAS

Os objetivos do capítulo incluem o balanceamento de equações para reações químicas simples, o entendimento do equilíbrio químico, da natureza das substâncias iônicas dissolvidas em água, o reconhecimento de ácidos e bases comuns, e seu comportamento em solução, o reconhecimento de tipos de reação e suas equações químicas, e o reconhecimento de agentes oxidantes e redutores e suas reações.

Os tópicos abordados são:

3.1. INTRODUÇÃO ÀS REAÇÕES QUÍMICAS

3.2. BALANCEAMENTO DE EQUAÇÕES QUÍMICAS

3.3. INTRODUÇÃO AO EQUILÍBRIO QUÍMICO

3.4. REAÇÕES QUÍMICAS EM SOLUÇÃO AQUOSA

3.5. ÍONS E MOLÉCULAS EM SOLUÇÃO AQUOSA

3.6. REAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO

3.7. ÁCIDOS E BASES

3.8. REAÇÕES DE FORMAÇÃO DE GÁS

3.9. REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO

3.10. CLASSIFICAÇÃO DAS REAÇÕES EM SOLUÇÃO AQUOSA

Nestes tópicos são discutidas as reações químicas e suas representações, o balanceamento das equações (reagentes e produtos), baseado no princípio que o número de mols de cada átomo envolvido deve ser constante (princípio de Lavoisier). O equilíbrio químico é estudado para reações em soluções aquosas, envolvendo íons e moléculas, calculando-se o valor da constante de equilíbrio K e a solubilidade de compostos iônicos em água.

As reações de precipitação são estudadas, de modo a prever em que condições haverá formação de precipitados, dependendo das concentrações de reagentes envolvidos.

Ácidos e Bases são definidos de acordo com as teorias: de Arrhenius e de Bronsted-Lowry. O papel do íon hidrônio (H_3O^+) no equilíbrio da água é estudado. São apresentadas as propriedades do ácido sulfúrico, e as principais reações envolvendo ácidos e bases.

Outro item aborda a formação de óxidos de não metais e óxidos metálicos. As reações de oxirredução são descritas, envolvendo a transferência de elétrons e números de oxidação. Um estudo de caso é apresentado, envolvendo a eliminação de bactérias com o uso de prata.

Os objetivos são revisitados e apresentadas várias questões, com respostas dos itens ímpares no Apêndice O.

4. ESTEQUIOMETRIA: INFORMAÇÃO QUANTITATIVA SOBRE REAÇÕES QUÍMICAS

Os seguintes objetivos do capítulo são enunciados: cálculos estequiométricos usando equações químicas balanceadas, entendimento do significado de um reagente limitante nas reações, cálculos de rendimento percentual, o uso da estequiometria para determinação de fórmulas de compostos e cálculos de concentrações em solução.

Trata-se da estequiometria da reação, ou seja, a relação de massa entre os átomos dos reagentes e os átomos dos produtos. Algumas reações são limitadas por um ou mais reagentes na amostra, tendendo à formação dos produtos ou não. É introduzido o cálculo de rendimento percentual que relaciona o rendimento teórico com o rendimento real de uma reação. São mostradas as relações das equações químicas de modo a obter informações quantitativas. O método de combustão é ilustrado, para compostos que reagem com oxigênio, produzindo gás carbônico. O cálculo de molaridade (mols do soluto por volume, em litros, de solução) é estudado, mostrando-se como a partir de uma massa é possível preparar soluções de concentrações conhecidas. A concentração de íons hidrônio em ácidos e bases é definida em escala de pH, ou seja, o pH de uma solução é o negativo logaritmo de base 10 da concentração do íon hidrônio. O método analítico de titulação ácido-base é discutido, bem como seu uso

para padronizar reagentes de padrão secundário a partir de um reagente de concentração conhecida (padrão primário). Um ligeiro excesso da solução titulante provoca uma mudança no indicador (no caso, mudança de cor), quando o ponto de equivalência é atingido. Outras aplicações da análise por titulação são mostradas para determinar massa molar e em reações de oxirredução. A radiação eletromagnética é usada no método de espectrofotometria, um dos mais aplicados para análises de substâncias metálicas químicas. Os conceitos de transmitância e absorvância são discutidos, mostrando-se a validade da Lei de Lambert-Beer, que deve ser linear para determinados intervalos de concentração. Os seguintes tópicos são abordados neste capítulo:

4.1. RELAÇÕES DE MASSA EM REAÇÕES QUÍMICAS: ESTEQUIOMETRIA

4.2. REAÇÕES NA QUAL UM REAGENTE ESTÁ PRESENTE EM QUANTIDADE LIMITADA

Um Cálculo estequiométrico com Reagente Limitante

4.3. RENDIMENTO PERCENTUAL

4.4. EQUAÇÕES QUÍMICAS E ANÁLISES QUÍMICAS

Análise Quantitativa de uma Mistura

Determinando a Fórmula de um Composto por Combustão

4.5. MEDINDO CONCENTRAÇÕES DE COMPOSTOS EM SOLUÇÃO

Concentração da Solução: Molaridade

Preparando Soluções de Concentrações Conhecidas

4.6. pH, UMA ESCALA DE CONCENTRAÇÃO PARA ÁCIDOS E BASES

Um Olhar mais Próximo: Diluições Seriais

4.7. ESTEQUIOMETRIA DE REAÇÕES EM SOLUÇÃO AQUOSA

Estequiometria em solução

Titulação: Um método de análise química

Estudo de Caso: Quanto sal existe na água do mar – é possível a análise de água salina por reação com íons prata.

Padronizando Ácidos e Bases

Determinando Massa Molar por Titulação

Titulações usando Reações de Oxidação-Redução

Estudo de Caso: Química Forense: titulações e alimento adulterado

4.8. ESPECTROFOTOMETRIA; UM OUTRO MÉTODO DE ANÁLISE

Transmitância, Absorbância, a Lei de Lambert-Beer

Análise Espectrofotométrica

OBJETIVOS DO CAPÍTULO REVISITADOS

5. PRINCÍPIOS DE REATIVIDADE QUÍMICA: ENERGIA E REAÇÕES QUÍMICAS

Um balão de ar quente

5.1. ENERGIA: ALGUNS PRINCÍPIOS BÁSICOS

Conservação de Energia

Temperatura e Calor

Sistemas e Entorno

Direcionalidade e Extensão de Transferência de Calor: Equilíbrio Térmico

Um Olhar mais Próximo: O que é Calor?

Unidades de Energia

Propriedades Químicas: Alimentos e Calorias

5.2. CAPACIDADE DE CALOR ESPECÍFICO: AQUECENDO E RESFRIANDO

5.3. ENERGIA E MUDANÇAS DE ESTADO

Estudo de Caso:

5.4. A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Entalpia

Um Olhar mais Próximo: Trabalho P-V

Funções de Estado

5.5. MUDANÇAS DE ENTALPIA PARA REAÇÕES QUÍMICAS

5.6. CALORIMETRIA

Calorimetria a Pressão Constante: Medindo ΔH

Calorimetria a Volume Constante: Medindo ΔU

5.7 CÁLCULOS DE ENTALPIA

Diagrama de Níveis de Energia

Entalpias Padrão de Formação

Mudança de Entalpia para uma Reação

Um olhar mais próximo: Lei de Hess e Equação

5.8 REAÇÕES E TERMODINÂMICA FAVORECENDO PRODUTO OU REAGENTE

Estudo de um Caso: A controvérsia dos combustíveis: álcool e gasolina

METAS DO CAPÍTULO REVISITADAS

QUESTÕES PARA ESTUDO

INTERCAPÍTULO

A Química dos Combustíveis e Fontes de Energia

Suprimento e Demanda: A Folha de Balanço sobre Energia

Usos da Energia

Fontes de Energia

Combustíveis Fósseis

Carvão, Gás Natural e Petróleo

Outras Fontes de Combustível Fóssil

Impactos Ambientais do Uso de Combustível Fóssil

Energia no Futuro: Escolhas e Alternativas

Células combustíveis

Uma Economia à Hidrogênio

Fontes Biológicas de Energia

Energia Solar

O que o Futuro Guarda para Energia

Sugestões de Leitura

Questões de estudo

PARTE 2 - ÁTOMOS E MOLÉCULAS

6. A ESTRUTURA DOS ÁTOMOS

Auroras Boreais

6.1. RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

6.2. QUANTIZAÇÃO: PLANCK, EINSTEIN, ENERGIA E FÓTONS

Equação de Planck

Einstein e o Efeito Fotoelétrico

Energia e Química: Usando a Equação de Planck

6.3. O ESPECTRO DE LINHA ATÔMICA E NIELS BOHR

O modelo de Bohr do átomo de hidrogênio

A teoria de Bohr e o Espectro de Átomos Excitados

Estudo de Caso: O que produz as cores nos fogos de artifício

6.4. DUALIDADE ONDA PARTÍCULA: PRELÚDIO À MECÂNICA QUÂNTICA

6.5. A VISÃO MODERNA DA ESTRUTURA ELETRÔNICA: ONDA OU MECÂNICA QUÂNTICA

Números Quânticos e orbitais

Celas e sub celas

6.6. AS FORMAS DOS ORBITAIS ATÔMICOS

Orbitais

Um olhar mais próximo: As formas orbitais do Átomo H – Funções de Onda e Nós

Orbitais p, d, f

6.7. MAIS UMA PROPRIEDADE ELETRÔNICA: A ROTAÇÃO DO ELÉTRON

O número quântico de rotação do elétron m

Um olhar mais próximo: Paramagnetismo e Ferromagnetismo

Diamagnetismo e Paramagnetismo

Propriedades Químicas: Spins Quantizados e MRI

METAS DO CAPÍTULO REVISITADAS

Questões Chave

7. A ESTRUTURA DOS ÁTOMOS E TENDÊNCIAS PERIÓDICAS

Neste capítulo as metas são:

-reconhecer a relação entre os quatro números quânticos (n , l , m_l e m_s) e a estrutura atômica, escrever a configuração eletrônica dos elementos e íons monoatômicos, racionalizar as tendências dos tamanhos dos átomos e íons a características como energia de ionização, e afinidade eletrônica.

Os sub itens são divididos em:

7.1. O PRINCÍPIO DE EXCLUSÃO DE PAULI, que enuncia que dois elétrons em um átomo não podem ter a mesma combinação dos quatro números quânticos, portanto, nenhum orbital atômico pode ser ocupado por mais do que dois elétrons, e mesmo esses dois elétrons alocados neste orbital devem ter diferentes valores de m_s .

7.2. OS SUB NÍVEIS DE ENERGIA ATÔMICOS E A ALOCAÇÃO DOS ELÉTRONS – Este item aborda a ordem de energia dos sub níveis e a distribuição dos elétrons, bem como carga efetiva nuclear

7.3. CONFIGURAÇÕES ELETRÔNICAS DOS ÁTOMOS – São mostradas as configurações eletrônicas dos elementos dos grupos principais da Tabela Periódica, dos Elementos do Período 3 e dos Elementos de Transição (lantanídeos e actinídeos).

7.4. CONFIGURAÇÕES ELETRÔNICAS DOS ÍONS - No item “*Um Olhar Mais Próximo*” são colocadas algumas questões sobre a configuração dos elétrons dos elementos de transição, do escândio ao zinco.

7.5. PROPRIEDADES ATÔMICAS E TENDÊNCIAS PERIÓDICAS – São discutidos o tamanho atômico, a energia de ionização, a afinidade eletrônica, as tendências dos tamanhos dos íons, e no “*Estudo de Caso*”, o enfoque é dado para os metais em bioquímica e medicina.

7.6. TENDÊNCIAS PERIÓDICAS E PROPRIEDADES QUÍMICAS - mostra como os átomos com propriedades semelhantes são agrupados na Tabela Periódica, apresentando reações químicas também semelhantes, sendo possível prever seus comportamentos a partir das indicações do grupo a que pertencem.

METAS DO CAPÍTULO REVISITADAS: os objetivos do capítulo são revisados

QUESTÕES PARA ESTUDOS: são propostas no final do capítulo.

INTERCAPÍTULO: MARCOS NO DESENVOLVIMENTO DA QUÍMICA E A VISÃO MODERNA DE ÁTOMOS E MOLÉCULAS - Conta a história da Química desde o início, com os filósofos gregos e os alquimistas da Idade Média, passando pelas grandes descobertas dos séculos 18 e 19. As

descobertas que propiciaram o conhecimento da estrutura atômica, desde os anos de 1890 e posteriores são descritas. A perspectiva histórica do desenvolvimento científico no Século 20 também é abordada.

A natureza das Ligações Químicas é discutida.

São sugeridas leituras adicionais e propostas questões para estudo.

8. LIGAÇÃO E ESTRUTURA MOLECULAR

Os objetivos deste capítulo são o entendimento das diferenças entre ligações iônicas e covalentes; desenhar estruturas de Lewis com pontos para pequenas moléculas e íons; usar a teoria de repulsão do par eletrônico para prever as formas de moléculas simples e íons e entender a estrutura de moléculas mais complexas; usar a eletronegatividade e a carga formal para prever a distribuição de cargas em moléculas e íons, para definir a polaridade das ligações e para prever a polaridade das moléculas e entender as propriedades das ligações covalentes e sua influência na estrutura molecular

Os assuntos estudados dividem-se nos seguintes itens:

-Ligação química no DNA - O tema do capítulo é bem ilustrado pela estrutura do DNA, uma hélice de duas cadeias de grupos tetraédricos de fosfato e grupos desoxirribose. As bases orgânicas de uma cadeia interagem com as bases complementares da outra cadeia.

Os itens estudados são relacionados:

8.1. FORMAÇÃO DA LIGAÇÃO QUÍMICA

8.2. LIGAÇÃO COVALENTE E ESTRUTURAS DE LEWIS

Elétrons de valência e símbolos de Lewis para átomos

Estruturas de pontos de Lewis e a Regra do Octeto

Desenhando Estruturas de Pontos Eletrônicas de Lewis

Predizendo Estruturas de Lewis

8.3. CARGAS FORMAIS DO ÁTOMO NAS MOLÉCULAS E ÍONS COVALENTES

Um Olhar mais Próximo: Comparando Carga Formal e Número de Oxidação

8.4. RESSONÂNCIA

8.5. EXCEÇÃO DA REGRA DO OCTETO

Compostos nos quais um átomo tem menos que 8 elétrons de valência

Compostos nos quais um átomo tem mais que 8 elétrons de valência

Moléculas com um número par de elétrons

Estudo de Caso: A importância de uma Molécula com elétron emparelhado: NO

8.6. FORMAS MOLECULARES

Átomos centrais circundados somente por pares de ligação simples

Átomos Centrais com Pares de Ligações Simples e pares solitários

Múltiplas ligações e geometria molecular

8.7. POLARIDADE DE LIGAÇÃO E ELETRONEGATIVIDADE

Distribuição de Carga: Combinando carga formal e eletronegatividade

Um olhar mais próximo: eletronegatividade

8.8. LIGAÇÃO E POLARIDADE MOLECULAR

Um olhar mais próximo: Visualizando a distribuições de carga e polaridade molecular – superfícies com potencial eletrostático e carga parcial

8.9. PROPRIEDADES DE LIGAÇÃO: ORDEM, COMPRIMENTO E ENERGIA

Ordem de ligação, comprimento de ligação, entalpia de dissociação da ligação

Perspectivas Históricas – DNA, Watson, Crick e Franklin

8.10. DNA REVISITADO

METAS DO CAPÍTULO REVISITADAS

EQUAÇÕES CHAVE

QUESTÕES PARA ESTUDO

9. ESTRUTURA DE LIGAÇÃO E MOLECULAR: HIBRIDIZAÇÃO E ORBITAIS MOLECULARES

A Química dos Gases Nobres

9.1. ORBITAIS E TEORIAS DA LIGAÇÃO QUÍMICA

9.2. TEORIA DA LIGAÇÃO DE VALÊNCIA

O Modelo de ligação de orbital sobreposto

Hibridização de orbitais atômicos

Ligações múltiplas

Benzeno: um caso especial de ligação π

9.3. TEORIA DO ORBITAL MOLECULAR

Princípios da Teoria do Orbital Molecular

Um Olhar mais Próximo: orbitais moleculares para compostos formados a partir de elementos do bloco do orbital p – Para os compostos B_2 , C_2 e N_2 , a mistura dos orbitais s e p é importante, pois estes orbitais têm energias similares, em alguns casos.

Configuração eletrônica para moléculas diatômicas heteronucleares – como NO, CO, moléculas contendo dois elementos diferentes.

Estudo de Caso: Duas Ligações Químicas Misteriosas – Moléculas tão simples como o diborano (B_2H_6), com estruturas de pontes entre B-H-B e o sal de Zeise, um composto descoberto em 1820, são citadas por não se comportarem de acordo com as regras.

Ressonância e Teoria do Orbital Molecular - A teoria da ligação de valência introduz a ressonância para racionalizar a ligação equivalente para os átomos de oxigênio em estruturas como a do ozônio (O_3) e do dióxido de enxofre (SO_2).

10. CARBONO: MAIS DO QUE SOMENTE OUTRO ELEMENTO

Os objetivos deste capítulo envolvem a classificação dos compostos orgânicos baseados na fórmula e estrutura, reconhecimento e desenho de isômeros estruturais e estereoisômeros para composto de carbono, nomear e desenhar estruturas para compostos orgânicos comuns, conhecer as reações dos grupos funcionais, relacionar propriedades à estrutura molecular, e identificar polímeros comuns.

Cânfora, uma molécula “aromática” - a cânfora foi a primeira substância química pura que os humanos obtiveram (3000 AC), a partir de uma árvore, no Oriente.

10.1. POR QUE CARBONO?

Diversidade estrutural

Isômeros: Estereoisômeros e isômeros geométricos (cis e trans, isomeria ótica)

Um Olhar mais Próximo: Escrevendo Fórmulas e Desenhando Estruturas

Estabilidade dos compostos de carbono

Perspectivas Químicas: Quiralidade e Elefantes

10.2. HIDROCARBONETOS

Alcanos, estrutura e denominação

Um Olhar mais Próximo: Moléculas Flexíveis

Alcenos e Alcinos

Compostos Aromáticos: A Estrutura do Benzeno

Um Olhar mais Próximo: A Química do Petróleo

10.3. ÁLCOOIS, ÉTERES E AMINAS

Grupos Funcionais Álcoois e Éteres e suas propriedades, Aminas e propriedades

Perspectivas Históricas: Mauveine

10.4. COMPOSTOS COM UM GRUPO CARBONILA

Aldeídos e cetonas, ácidos carboxílicos e ésteres

Um Olhar mais próximo: Glucose e Açúcares

Um Olhar mais próximo: Óleos e Gorduras

10.5. POLÍMEROS

Classificando Polímeros

Estudo de Caso – Biodiesel – Um combustível para o futuro?

Adição de polímeros – feita pela adição direta de unidades monoméricas: polietileno e outras poli olefinas

Condensação de Polímeros - Reação química na qual duas moléculas reagem separando-se ou sendo eliminada: Poliamidas

Perspectivas – Super Fraldas

METAS DO CAPÍTULO REVISITADAS

QUESTÕES DE ESTUDO

INTERCAPÍTULO: A QUÍMICA DA VIDA – BIOQUÍMICA

Aminoácidos são os blocos construtores das proteínas: Estrutura da Proteína e Hemoglobina; Anemia Falciforme; Enzimas, Sítios Ativos e Lisozima.

Ácidos Nucleicos: Estrutura do ácido nucleico, síntese de proteínas, o mundo do RNA e a origem da vida

Lipídeos e Membranas Celulares: Perspectivas químicas: AIDS e Transcriptase reversa

Metabolismo: energia e ATP; redução oxidativa e NADH, respiração e fotossíntese.

Conclusões Destacadas

Sugestões de Leitura

Questões para Estudo

VOLUME 2

Os autores abordam no livro dois temas principais: a reatividade química e ligações e estruturas moleculares. Em um formato que os livros possam ser usados seguindo os capítulos de forma como se apresentam ou em qualquer ordem.

O livro é organizado em 4 partes:

Parte 1: As Ferramentas Básicas da Química, abordadas nos capítulos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Parte 2: A Estrutura dos Átomos e das Moléculas, abordado nos capítulos 7, 8, 9, 10 e 11.

Parte 3: Os Estados da Matéria, tratados nos capítulos 12, 13 e 14.

Estas três partes são tratadas no volume 1.

O tema de nossa resenha começa destes pontos

Parte 4: O Controle das Reações Químicas nos capítulos 15, 16, 17, 18, 19 e 20.

Parte 5: A Química dos Elementos nos capítulos 21, 22, 23,

INTRODUÇÃO

Na introdução os autores começam a exemplificar como acontece uma análise química, que no caso é um teste de uma substância encontradas com atletas de uma competição. Mostra os métodos de análise as hipóteses, leis e teorias que precisam ser levantadas para que as análises tenham sucesso. Eles tentam nessa introdução despertar o interesse e o gosto pela química.

CAPITULO 15- PRINCÍPIOS DE REATIVIDADE: CINÉTICA QUÍMICA

Nesse capítulo os autores começam a dar exemplos da digestão de alguns alimentos para exemplificar o que causa o retardo ou aumento da digestão, para que o aluno entenda o mesmo que acontece nas reações químicas, e possível em algumas condições, aumentar ou diminuir a velocidade das reações químicas.

Eles explicam que a velocidade pode ser alterada com a variação da concentração de uma das substâncias envolvidas nas reações, mudando o tempo da reação, ou seja, a velocidade da reação é diretamente proporcional à concentração do reagente, e que, além disso, podemos usar um catalisador que também pode afetar a velocidade da reação, mas que este catalisador não pode afetar no balanceamento da equação. Ele não pode ser encarado como um reagente, só como um acelerador ou retardador da velocidade dessa reação.

Também é tratado do como é feita a derivação da equação de velocidade, explica a constante de velocidade (K), de quando uma reação é de primeira e de segunda ordem. Sempre dão exemplos partindo de dados experimentais, e como podemos determinar a ordem e a constante de velocidade de uma reação através de gráficos, usando muitas vezes produtos conhecidos dos alunos.

Eles apresentam a Teoria das colisões, dizendo que numa reação a colisão entre as moléculas deve acontecer com energia suficiente para que aconteça o rearranjo dos átomos, formando o produto final da reação. Que os estados físicos dos reagentes podem influenciar nessa energia, e o papel da energia de ativação para que ocorram as colisões. Também citam que as enzimas são catalisadores potentes e naturais.

Mostram como funcionam os mecanismos das reações, as etapas e as equações de velocidade das etapas de reações.

EQUAÇÕES CHAVES APRESENTADAS

De velocidade integrada para uma reação de primeira ordem (em que $-\Delta[R]/\Delta t = k[R]$):

$$\ln \frac{[R]_t}{[R]_0} = -kt$$

De velocidade integrada para uma reação de segunda ordem (em que $-\Delta[R]/\Delta t = k[R]^2$):

$$\frac{1}{[R]_t} - \frac{1}{[R]_0} = kt$$

De velocidade integrada para uma reação de ordem zero (em que $-\Delta[R]/\Delta t = k[R]_0$):

$$[R]_0 - [R]_t = kt$$

Relação entre meia-vida, ($t_{1/2}$), e a constante de velocidade (k) para uma reação de primeira ordem:

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k}$$

De Arrhenius na forma exponencial:

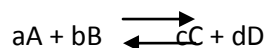
$$k = \text{Constante de velocidade} = A e^{-E_a/RT}$$

A é o fator de frequência, E_a é a energia de ativação, T é a temperatura (em graus Kelvin) e R é a constante dos gases.

CAPITULO 16 – PRINCÍPIOS DE REATIVIDADE: EQUILÍBRIO QUÍMICO

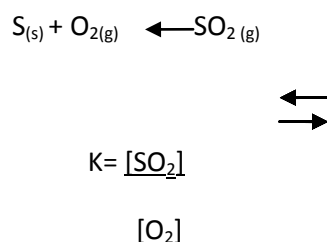
Nesse capítulo os autores começam a discussão da natureza do estado de equilíbrio de uma reação usando as estalactites e estalagmites que são formadas no equilíbrio da reação aquosa de íons Ca^{2+} e HCO_3^- : $\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{HCO}_3^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(s) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$, que a setas duplas representam que a reação é reversível, que a reação será estudada utilizando-se os conceitos de equilíbrios químicos e os equilíbrios são dinâmicos.

É explicado também que o quociente de reação química ($Q = \text{produtos/reagentes}$) quando o sistema está em equilíbrio é chamado expressão da constante de equilíbrio e tem valores constantes de equilíbrio, cujo símbolo é K , exemplo:



$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Que as concentrações de sólidos, líquidos puros e solventes (como água) não são incluídas na expressão da constante de equilíbrio, ou seja, na equação, por exemplo:



Quando o K for maior que um, temos uma concentração maior de produtos (reação é produto-favorecida), já se o K for menor que um, temos uma concentração maior de reagentes (reação é reagente-favorecida).

Se a constante for K_c significa concentração e a unidade é dada em mol/L, já se a constante for K_p significa pressão parcial de gases.

Quando uma equação não está em equilíbrio, é conveniente se calcular o quociente de equilíbrio (Q) ao invés da constante de equilíbrio (K).

Eles explicam que a reação está em equilíbrio quando $Q = K$, se $Q < K$, alguns reagentes ainda precisam ser convertidos em produtos, ao contrário se $Q > K$, alguns produtos precisam ser convertidos em reagentes.

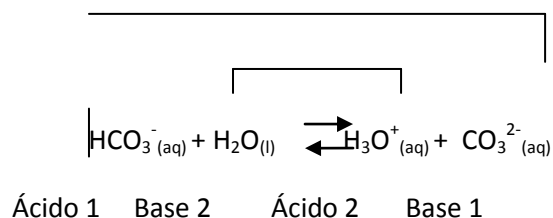
Nesse capítulo também é discutido que existem três motivos mais comuns que podem perturbar um equilíbrio químico: (1) variando-se a temperatura, (2) variando-se a concentração de um reagente ou produto e (3) variando-se o volume (para sistemas que incluem gases). Com essa perturbação a reação tentará formas de se reequilibrar (Princípio Le Chatelier).

Os autores começam nesse capítulo lembrando o conceito de bases e ácidos, que o H^+ é incapaz de existir sem água, portanto, torna-se H_3O^+ .

Explicam que um eletrólito forte é quando a constante de ionização $K > 1$ (um ácido tem uma grande porcentagem de ionização), já o fraco $K < 1$ (ele tem uma pequena porcentagem de ionização).

Explica o conceito de Bronsted-Lowry de ácidos e bases, que diz que ácidos são substâncias capazes de doar um próton a outra substância (ácidos monoproticos) e base são as substâncias capazes de aceitar um próton de outra substância (bases monoproticas), mas que se o ácido pode doar mais de um próton ou uma base receber mais que um próton são poliproticos, e que algumas moléculas ou íon têm o mesmo comportamento dos ácidos e bases de Bronsted, são chamadas de anfiproticas.

Abaixo são dados os pares conjugados em uma reação de equilíbrio, exemplo:



Eles introduzem a idéia de Kohlrausch de que a água se auto ioniza (apesar da concentração de íons ser muito baixa) sem precisar da presença de um ácido e mostra a constante de ionização da água.

$$K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$$

Na água pura a concentração de íon hidrônio e íon hidróxido são iguais, por isso dizemos que a água é neutra. Quando são adicionados ácidos ou bases, esta neutralidade é quebrada. Nas soluções onde existem mais hidrônio que hidróxido, elas são ácidas e quando acontece o contrário são básicas.

São dadas as equações da constante de equilíbrio de ácidos(K_a) e de bases (K_b).

$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

Os resultados das várias reações entre ácidos e bases são descritos:

- Ácido forte com base forte – resulta em uma solução neutra de pH = 7.
- Ácido fraco com base forte – resulta em sal básico e o pH depende do K_b .
- Ácido forte com base fraca – resulta em sal ácido e o pH depende do K_a .
- Ácido fraco com base fraca – resulta em sal e o pH depende de K_a e K_b .

Aqui também é discutido o conceito de ácidos e bases segundo Lewis o qual diz que um ácido é uma substância capaz de aceitar um par de elétrons de outro para formar uma nova ligação, e a base é uma substância capaz de doar um par de elétrons a outro átomo para formar uma nova ligação. Essa ligação é denominada ligação química coordenada.

CAPÍTULO 18 – PRINCÍPIOS DE REATIVIDADE: OUTROS ASPECTOS DO EQUILÍBRIO AQUOSO

Aqui, assim como em todo o livro os autores tentam mostrar a química com exemplos do dia a dia, o que não torna esse livro contextualizados e sim com exemplos soltos, como nesse capítulo que eles descrevem que a cor da flor Hortênsia depende do pH do ambiente aonde ele cresce, para introduzir o assunto tratado.

Nesse capítulo os autores descrevem o efeito no pH com a adição de um íon comum a uma solução de ácido ou base fraca, formando um ácido ou base conjugados.

Descrevem também que a solução tampão é preparada geralmente com quantidades aproximadamente igual de um par conjugado de ácido-base, aonde duas condições são necessárias:

- Duas substâncias são necessárias: um ácido capaz de reagir com íons OH^- adicionados e uma base capaz de consumir íons H_3O^+ adicionados.
- O ácido e a base não devem reagir entre si (conjugados).

A solução tampão torna uma solução resistente à variação de pH quando necessário adicionar um ácido ou base forte.

Trata-se aqui também da titulação que é a forma mais importante de se determinar com precisão a quantidade de um ácido, de uma base ou de outra substância em uma mistura, ou a pureza de uma substância. Consiste em gotejar ácido ou base conforme for o caso na substância a ser analisada misturada com algumas gotas de indicador ácido-base (por exemplo, fenolftaleína), anotando os números de mililitros usados até a mudança de cor.

Para determinar a solubilidade dos sais é necessário calcular a constante do produto de solubilidade para uma dada reação é:



$$K_{ps} = [A^{y+}]^x [B^{x-}]^y$$

Aqui apresentam como é feita a análise da amostra de um produto, com a dissolução total ou parcial em água, usando íons diferentes, o que ajudará na separação de sais diferentes presentes na amostra, para isto é necessária uma consulta à tabela de solubilidade de íons.

CAPITULO 19 – PRINCÍPIOS DE REATIVIDADE: ENTROPIA E ENERGIA LIVRE

Os autores explicam que a mudança espontânea é aquela que acontece naturalmente, sem que haja intervenção, sem nenhuma ajuda externa, e que essa mudança leva ao equilíbrio. Muitas reações químicas também ocorrem dessa forma até que o equilíbrio seja estabelecido, mas pode acontecer também o favorecimento do produto no equilíbrio (produto-favorecido), ou favorecer o reagente (reagente-favorecido).

O foco deste capítulo são os fatores que determinam a direção de uma alteração e quanto próximo ou distante essa alteração está do equilíbrio. Isso é possível se analisarmos a entropia da reação, que é uma medida de dispersão da matéria ou de desordem dessa matéria. A entropia pode ser determinada experimentalmente como a variação de calor em um processo reversível e irreversível, ou pela equação:

$$\Delta S = \frac{q_{rev}}{T}$$

T

Onde q_{rev} é o calor absorvido e T é a temperatura em Kelvin.

Não devemos esquecer que as entropias dos gases são muito maiores que as dos líquidos, e as dos líquidos são maiores que as dos sólidos, assim como moléculas maiores possuem maiores entropias que as menores, e as moléculas com estruturas mais complexas têm entropias maiores que as mais simples.

Nos processos químicos físicos existem variações de entropia, que é dada pela seguinte equação:

$$\Delta S^{\circ}_{\text{sistema}} = \sum S^{\circ}(\text{produtos}) - \sum S^{\circ}(\text{reagentes})$$

Prever-se que um processo é espontâneo quando a variação da entropia for maior que zero e ao mesmo tempo a variação de entalpia (processo exotérmico) for menor que zero. Ao contrário, o processo não é espontâneo. Para saber também se um processo é espontâneo ou não, podemos usar a energia livre de Gibbs expressa pela equação:

$$\Delta G_{\text{sis}} = \Delta H_{\text{sis}} - T\Delta S_{\text{sis}}$$

Nesse caso se o $\Delta G_{\text{reação}}$ é negativo, uma reação é espontânea, se $\Delta G_{\text{reação}}$ for zero, a reação está em equilíbrio, e se $\Delta G_{\text{reação}}$ for positivo, a reação não é espontânea.

Para calcular a $\Delta G_{\text{reação}}$, a partir da energia livre de formação padrão, devemos usar a seguinte equação:

$$\Delta G^{\circ} \text{ reação} = \sum \Delta G^{\circ}_f(\text{produtos}) - \sum \Delta G^{\circ}_f(\text{reagentes})$$

A relação entre a variação de energia livre sob condições diferentes das condições padrão (equilíbrio) e ΔG° e o quociente de reação, Q, é dada pela equação:

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln Q$$

onde R é constante universal dos gases, T é a temperatura em Kelvins e Q é o quociente de reação.

No equilíbrio $\Delta G = 0$ e $Q = K$ portanto a equação é:

$$\Delta G^{\circ}_{\text{reação}} = -RT \ln K$$

CAPÍTULO 20 – PRINCÍPIOS DE REATIVIDADE: REAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE ELÉTRONS

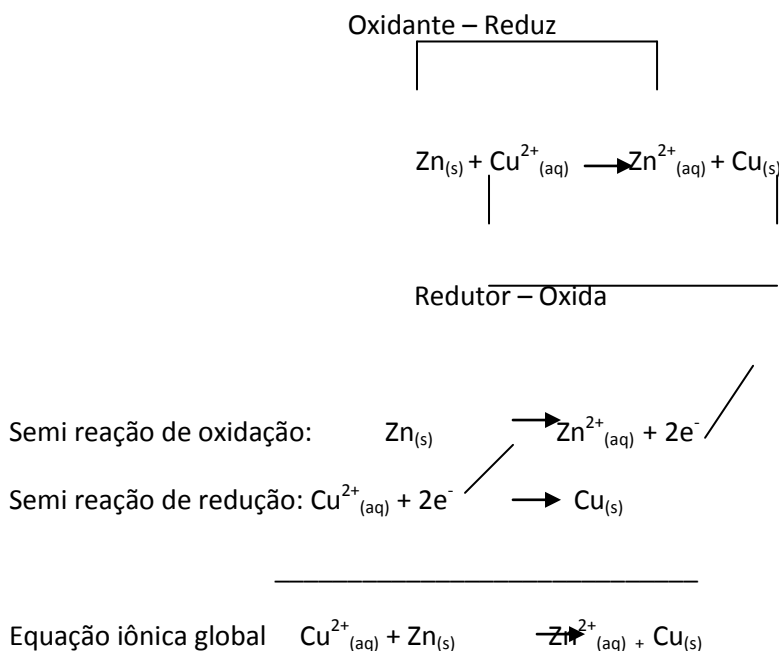
Neste capítulo começam os conceitos de eletroquímica e às reações de transferência de elétrons.

Temos dois tipos de processos eletroquímicos:

- Uma mudança química pode produzir uma corrente elétrica em uma célula voltaica
- A energia elétrica pode causar mudanças químicas no processo de eletrólise.

Uma reação de oxirredução é um exemplo de transferência de elétrons.

Mas vamos aprender aqui como balancear uma equação de oxirredução usando semi reações de redução e de oxidação:



balanceada

Célula voltaica é feita usando dois eletrodos que são constituídos geralmente de metais diferentes, nos quais ocorrem as reações de oxidação e redução. Estes eletrodos são postos em dois compartimentos separados, imersos por sua vez em um meio contendo [íons](#) em concentrações conhecidas e separados por uma placa ou membrana porosa. As duas metades desta célula eletroquímica são chamadas de compartimentos e têm por finalidade separar os dois reagentes participantes da reação de oxirredução, do contrário, os elétrons seriam transferidos diretamente do [agente redutor](#) para o [agente oxidante](#). Finalmente, os dois eletrodos são conectados por um circuito elétrico, localizado fora da célula, denominado [circuito externo](#), garantindo o fluxo de [elétrons](#) entre os [eletrodos](#).

Por que estas células voltaicas não são usadas comercialmente:

- Não são compactas, ou robustas;
- Não produzem voltagem constante;
- A taxa de produção de corrente é baixa.

Bateria primária também conhecida como pilha, é uma célula voltaica em versão moderna, por isso tem custo baixo, mas apresenta a desvantagem de não poder ser armazenada por muito tempo e gera corrente por um período de tempo pequeno, já as pilhas alcalinas têm a vantagem de gerar corrente por um período de tempo 50% mais longo que as secas. O

processo químico das pilhas alcalinas, apesar de semelhante às outras, usa um material em seu interior básico (alcalino) não causando formação de gases, por isso o potencial não diminui sob elevada carga de corrente.

Baterias secundárias ou recarregáveis, diferente da primária podem ser recarregadas por corrente elétrica externa por centenas de vezes. Isto é possível porque, na bateria de carro, estas têm um número maior de células voltaicas, e possui ácido sulfúrico que é consumido na geração de corrente, mas o PbSO_4 que recobre as superfícies dos eletrodos é convertido novamente em chumbo metálico e PbO_2 , e o ácido é regenerado com a recarga da corrente elétrica que lhe é fornecida. Já as baterias de níquel-cádmio são leves por ter componentes diferentes sob condições alcalinas, mas os reagentes e os produtos formados na produção de corrente são sólidos que aderem aos eletrodos, como na outra bateria.

As células a combustível evitam a limitação do fim dos reagentes, pois estes são continuamente alimentados a partir de reservatório externo. São usadas em programas espaciais.

Vocês já perceberam que células eletroquímicas diferentes produzem voltagens diferentes, então vamos identificar o que pode influenciar isso. Os fatores são:

- Dos eletrodos usados (isto é, as reações em cada eletrodo e a reação global ou líquida nos eletrodos);
- As concentrações dos reagentes em cada eletrodo;
- A pressão dos reagentes gasosos;
- Temperatura.

Para determinar a voltagem em cada eletrodo, todas as voltagens dos eletrodos têm que seguir condições padrão que também são chamados de potencial padrão representado por $E^\circ_{\text{eletrodos}}$:

- Reagentes e produtos estão presentes em seu estado padrão;
- Solutos em solução aquosa têm concentração de 1 M;
- Reagentes ou produtos gasosos têm pressão de 1 atm.

Se $E^\circ_{\text{eletrodos}}$ é uma medida padrão dos eletrodos podemos usar a seguinte equação:

$$E^\circ_{\text{eletrodos}} = E^\circ_{\text{cátodo}} - E^\circ_{\text{ânodo}}$$

Os experimentos deram origem a uma tabela de potencial de redução padrão extremamente útil. Elas permitem que se preveja o potencial de cada célula voltaica.

Quando temos uma reação de oxirredução, para saber calcular o potencial, temos que lembrar que o oxidante é o cátodo e o redutor é o ânodo.

E se tivermos as condições padrão? Então teremos que usar a seguinte equação:

$$E = E^{\circ} - (RT/nF) \ln Q$$

onde r é a constante dos gases, T é a temperatura (K), n é o número de mols de elétrons transferidos entre os oxidantes e redutor e F é a constante faraday.

A QUÍMICA DO MEIO AMBIENTE

Nessa introdução os autores escrevem sobre a natureza e os produtos químicos.

Primeiro é sobre a água e seus tratamentos até chegar à torneira da nossa casa, eles citam os passos que são:

- Remoção da turbidez;
 - ✓ Causada pelas partículas suspensas, é retirada através de sedimentação.
- Remoção da dureza;
 - ✓ Causada pela elevada concentração de Ca e Mg principalmente, e é resolvida pela adição de resina de troca iônica e precipitação.
- Filtração;
 - ✓ Usada para remover flocos, quanto menor o floco, menor são as aberturas dos poros pelos quais a água passa, para melhor eficiência da filtração.
- Desinfecção.
 - ✓ Aqui são eliminados os micro-organismos patogênicos, e todos os outros, os métodos principais são:
 - Cloração;
 - Oxidação com ClO_2 ;
 - Ozonização com ozônio;
 - Radiação ultravioleta.

Depois vem o ar que eles citam sua composição que é:

SUBSTÂNCIAS	VOLUME PERCENTUAL
Nitrogênio	78,080
Oxigênio	20,950
Argônio	0,934
Dióxido de carbono	0,036
Neônio	$1,182 \times 10^{-3}$
Hélio	$5,240 \times 10^{-4}$
Criptônio	$1,140 \times 10^{-4}$
Xenônio	$8,700 \times 10^{-6}$

Dependendo do local, existem materiais particulados presentes na atmosfera, e dependendo da quantidade, gera-se a neblina que define a poluição do ar .

O ponto seguinte é o que eles chamam de a química verde, aqui eles falam dos pesticidas e dos gases CFCs e dos seus efeitos nocivos à natureza e o quanto eles precisam ser reduzidos.

CAPÍTULO 21 – A QUÍMICA DOS ELEMENTOS DO GRUPO PRINCIPAL

Os autores falam que a Tabela Periódica funciona como um guia dos elementos químicos.

O elemento mais abundante na crosta terrestre é o Oxigênio, e o menos abundante é o Lítio.

Começam a definir e dar algumas características de alguns elementos da tabela periódica.

- O Hidrogênio tem três isótopos, mas apenas o hidrogênio e o deutério são encontrados em quantidade considerável, já o trítio é radioativo. Ele é o gás de menor densidade conhecida, e, portanto, é ideal para preencher veículos mais leves que o ar. A produção do hidrogênio é feita através da reforma catalítica a vapor dos hidrocarbonetos como o metano do gás natural, e é consumido quase todo. É utilizado na manufatura de amônia, metanol e outros produtos químicos.
 - O sódio é produzido pela redução de íons sódio em sais de sódio, através de um método eletrolítico do cloreto de sódio.
 - O potássio também é produzido por eletrólise.
- Esses dois elementos são metais prateados macios, com densidade pouco menor que a água, reativos.
- O cálcio e o magnésio são metais prateados com ponto de fusão alto. Seus compostos são iônicos, e eles são oxidáveis.
 - O boro é pouco abundante na Terra e é obtido pela eletrólise de um óxido ou de um haleto, tem relativamente baixo ponto de fusão, macio e com elevada condutividade elétrica. Ele é usado na metalúrgica.
 - O alumínio e suas ligas têm baixa densidade, resistência mecânica, facilidade de manuseio na fabricação e inércia à corrosão o que levou ao seu uso generalizado.
 - O silício é o segundo elemento mais abundante na crosta da terra. É usado em telhados, cerâmicas, lubrificantes, seladores, chips de computador e células solares.
 - O nitrogênio é muito útil, por ter baixa reatividade, é usado para prover uma atmosfera não oxidante.
 - O oxigênio é obtido pelo fracionamento do ar, um alótropo do oxigênio é o ozônio, sempre noticiado por proteger a terra da radiação ultravioleta e por estar sendo destruído pelo gás clorofluorcarbonos e outros produtos químicos.
 - O enxofre é extraído de depósitos subterrâneos.
 - O selênio e o telúrio são raros na Terra.
 - O flúor é um agente oxidante muito poderoso.
 - O cloro é um excelente agente oxidante e é produzido pela eletrólise da salmoura.

- O Iodo é um sólido lustroso de cor violeta escura, sublima facilmente a temperatura ambiente.

CAPÍTULO 22 – A QUÍMICA DOS ELEMENTOS DE TRANSIÇÃO.

Os autores têm o objetivo nesse capítulo de explicar as propriedades dos elementos de transição, como:

- São metais do bloco d;
- Com grande variedade de propriedade são usados:
 - ❖ Na construção (ferro);
 - ❖ Na indústria (ferro);
 - ❖ Pela e para a beleza (ouro, prata);
 - ❖ Em moedas (níquel, cobre, zinco);
 - ❖ Em tecnologias modernas (titânio).
- São elementos mais densos;
- O metal de maior ponto de fusão (tungstênio) e o menor ponto de fusão (mercúrio);
- São sólidos com exceção do mercúrio;
- São condutores de calor e eletricidade;
- Reagem com agentes oxidantes para formar compostos iônicos;
- Muitos compostos desses metais são fortemente coloridos.

Os metais raramente são encontrados na natureza na forma de elementos livres, a maioria é encontrada na forma de óxidos, sulfetos, haletos, carbonatos ou outros compostos iônicos.

Esses metais são obtidos pelo processo de metalurgia, que pode ser:

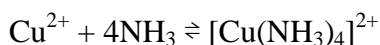
- Pirometalurgia (através de muito calor);
- Hidrometalurgia (flotação).

Os autores explicam compostos ligantes que são átomos metálicos ou íon central rodeado por um conjunto de ligantes. Um ligante é um íon ou molécula que pode ter existência independente. Exemplo de um complexo é o $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$, no qual o íon Co^{3+} está rodeado por seis ligantes NH_3 . O termo composto de coordenação é usado para designar um complexo neutro ou um composto iônico no qual pelo menos um dos íons é um complexo. Um complexo é a combinação de um ácido de Lewis (o átomo metálico central) com várias bases de Lewis (os ligantes). O átomo da base de Lewis que forma a ligação com o átomo central é chamado de átomo doador, porque ele que doa os elétrons usados para formar a ligação. O átomo ou íon metálico, o ácido de Lewis do complexo, é o átomo receptor.

Os **compostos de coordenação**, são [moléculas](#) constituídas por um ou vários [ácidos de Lewis](#) ligados a uma ou várias [bases de Lewis](#).

Os ácidos de Lewis podem ser [metais](#) de transição e, neste caso, os compostos de coordenação também são chamados de [complexos metálicos](#).

Exemplo:



No caso dos complexos metálicos, estes são compostos neutros resultantes da agregação de um complexo com um ânion. Um exemplo é o cloreto de hexaquocobre. As bases são chamadas de ligantes. Os ligantes são espécies ricas em elétrons, e os metais que formam complexos são íons com orbitais disponíveis para acomodar estes elétrons. A formação de complexos é comum com metais de transição d e f.

As estruturas dos compostos de coordenação são:

- Linear;
- Quadrado planar;
- Tetraédrico;
- Octaédrico.

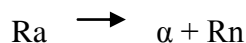
CAPÍTULO 23 – QUÍMICA NUCLEAR

Os autores escrevem que até hoje foram descobertos três tipos de energia α (alfa), β (beta) e γ (gama). As duas primeiras são afetadas por campos elétricos ou magnéticos, já a terceira não.

Quanto à penetração dessas três radiações:

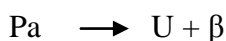
- Alfa é menos penetrante; pode ser contida por várias folhas de papel comum ou roupa;
- Beta para converter é necessário alumínio, que tem espessura de, pelo menos 0,5cm, e essas partículas são capazes de penetrar vários milímetros de tecidos ou ossos vivos;
- Já a gama é a mais penetrante delas, são necessárias camadas espessas de chumbo ou de concreto para proteger o corpo dessa radiação, esses raios são capazes de penetrar totalmente o corpo humano. É importante ressaltar que os danos causados pela radiação são relacionados com a energia absorvida.

Exemplos de reações nucleares.



Exemplos de decaimento radioativo





Estabilidade dos núcleos atômicos:

- Isótopos estáveis encontram-se em um intervalo muito estreito chamado **faixa de estabilidade**. É admirável o pequeno número de isótopos estáveis.
- Somente dois isótopos estáveis têm mais prótons do que nêutrons.
- Até o Ca ($Z = 20$), os isótopos estáveis frequentemente apresentam quantidades iguais de prótons e de nêutrons ou somente um ou dois nêutrons a mais do que prótons.
- Acima do cálcio, a razão nêutron-próton é sempre maior do que um. À medida que a massa aumenta, faixa de isótopos estáveis desvia-se mais e mais da linha em que $N = Z$.
- Acima do bismuto (83 prótons e 126 nêutrons), todos os isótopos são instáveis e radioativos. Aparentemente, não há uma “supercola” nuclear forte o bastante para manter ligados os núcleos pesados.
- Se verificássemos as meias-vidas, também aprenderíamos que nos núcleos instáveis elas são mais curtas para os núcleos mais pesados. Por exemplo, metade de uma amostra de U desintegra-se em 4,5 bilhões de anos, ao passo que metade de uma amostra de Lr desaparece em apenas 0,65 segundos. Também observaríamos que os isótopos mais afastados da faixa de estabilidade tendem a apresentar meias-vidas mais curtas do que os isótopos instáveis mais próximos da faixa de estabilidade.
- Elementos com números atômicos pares, têm mais isótopos estáveis do que os elementos com números atômicos ímpar. Há mais isótopos estáveis com número par de nêutrons do que com número ímpar. Aproximadamente 200 isótopos possuem um número par de nêutrons e de prótons. Apenas aproximadamente 120 isótopos possuem um número ímpar de prótons ou de nêutrons. Somente cinco isótopos estáveis apresentam um número ímpar, tanto de prótons quanto de nêutrons.

Ainda bem que a maioria das reações nucleares são artificiais, porque existem pouquíssimos isótopos instáveis na Terra com meias-vidas longas. Porque senão a fissão nuclear seria fácil de acontecer de forma espontânea.

A exposição à radiação é difícil de não acontecer em pequena quantidade, porém dependendo da radiação, pode causar danos incalculáveis como no Japão durante a segunda Guerra Mundial. Mas sua aplicação na Medicina é hoje uma das mais importantes em diagnósticos e tratamentos de inúmeras doenças.

8. MARZZOCO, A.T.; TORRES, B.B. Bioquímica básica. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

SISTEMA-TAMPÃO

A ESTRUTURA DE MUITAS MOLÉCULAS PRESENTES NA COMPOSIÇÃO CELULAR E, POR CONSEQUENTE, A GRANDE MAIORIA DOS PROCESSOS BIOQUÍMICOS SÃO EXTREMAMENTE SENSÍVEIS A VARIAÇÃO DE PH. NOS SERES HUMANOS, O PH PLASMÁTICO DEVE SER MANTIDO EM TORNO DE 7,4 EM UMA FAIXA MUITA ESTREITA DE VARIAÇÃO, DECRÉSCIMOS A CALORES PRÓXIMOS DE 7,0 TÊM SÉRIAS CONSEQUÊNCIAS. A MANUTENÇÃO DO PH IDEAL É CONSEGUIDA PELOS SERES VIVOS GRAÇAS À EXISTÊNCIA DOS *SISTEMAS-TAMPÃO*.

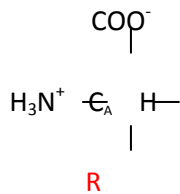
UM SISTEMA-TAMPÃO É CONSTITUÍDO POR UM ÁCIDO FRACO E SUA BASE CONJUGADA E SÃO CAPAZES DE IMPEDIR GRANDES VARIAÇÕES DE PH QUANDO DA ADIÇÃO DE OUTROS ÁCIDOS OU ÁLCALIS.

OS TAMPÕES BIOLÓGICOS SÃO AQUELES ENCONTRADOS NOS SERES VIVOS; NA ESPÉCIE HUMANA, POR EXEMPLO, HÁ TAMPÕES CAPAZES DE MANTER O PH DO SANGUE MUITO PRÓXIMO DE 7,4. NÃO SÃO MUITOS OS ÁCIDOS FRACOS QUE APRESENTAM VALORES DE pK_a EM TORNO DE 7,4. OS PRINCIPAIS TAMPÕES SÃO O FOSFATO, AS PROTEÍNAS E O BICARBONATO. AS PROTEÍNAS EXERCEM EFEITO TAMPONANTE MUITO DISCRETO NO PLASMA, POR ESTAREM PRESENTES EM BAIXAS CONCENTRAÇÕES, VALE LEMBRAR QUE A EFICIÊNCIA DO TAMPÃO DEPENDE DE SUA CONCENTRAÇÃO. SUA IMPORTÂNCIA NO TAMPONAMENTO CELULAR É MAIOR DO QUE NO PLASMÁTICO, PORQUE ATINGEM NÍVEIS MAIS ELEVADOS NAS CÉLULAS. A EXCEÇÃO É A *HEMOGLOBINA*, QUE, JUNTAMENTE COM O TAMPÃO BICARBONATO, É RESPONSÁVEL PRINCIPALMENTE PELA MANUTENÇÃO DO PH PLASMÁTICO.

AMINOÁCIDOS E PROTEÍNAS

AS PROTEÍNAS, ALÉM DE CONSTITUÍREM O COMPONENTE CELULAR MAIS ABUNDANTE, SÃO AS MOLÉCULAS MAIS DIVERSIFICADAS QUANTO À FORMA E À FUNÇÃO. AS FUNÇÕES QUE DESEMPENHAM SÃO ESTRUTURAIS E DINÂMICAS, SÃO COMPONENTES DO CITOESQUELETO E DE ESTRUTURAS DE SUSTENTAÇÃO, COMO, POR EXEMPLO, O COLÁGENO, E PARTICIPAM DE QUASE TODOS OS PROCESSOS BIOLÓGICOS, JÁ QUE INCLUEM AS ENZIMAS, QUE CATALISAM AS MILHARES DE REAÇÕES QUÍMICAS QUE OCORREM NOS ORGANISMOS. O MECANISMO DE DEFESA DO ORGANISMO INCLUI PROTEÍNAS, COMO AS IMUNOGLOBULINAS E O INTERFERON, QUE ATUAM NO COMBATE A INFECÇÕES BACTERIANAS E VIRAIS. MUITAS PROTEÍNAS PARTICIPAM DO CONTROLE GLOBAL DO METABOLISMO, DEVIDO À SUA AÇÃO HORMONAL, COMO É O CASO DA INSULINA. SÃO TAMBÉM RESPONSÁVEIS POR MECANISMOS CONTRÁTEIS, SENDO DE PARTICULAR IMPORTÂNCIA AS PROTEÍNAS *ACTINA* E *MIOSINA*, QUE ATUAM NA CONTRAÇÃO MUSCULAR. ATÉ MESMO A ATIVIDADE DOS GENES É CONTROLADA POR PROTEÍNAS.

AS PROTEÍNAS SÃO SINTETIZADAS A PARTIR DE APENAS 20 AMINOÁCIDOS DIFERENTES. OS AMINOÁCIDOS SÃO COMPOSTOS QUE APRESENTAM, NA SUA MOLÉCULA, UM *GRUPO AMINO* (-/NH₂) E UM *GRUPO CARBOXILA* (-COOH). OS AMINOÁCIDOS TÊM UMA FÓRMULA BÁSICA COMUM, NA QUAL OS GRUPOS AMINO E CARBOXILA ESTÃO LIGADOS AO CARBONO A, AO QUAL TAMBÉM SE LIGA UM ÁTOMO DE HIDROGÊNIO E UM GRUPO VARIÁVEL CHAMADO *CADEIA LATERAL OU GRUPO R*:



TODOS OS AMINOÁCIDOS SÃO A-AMINOÁCIDOS COM EXCEÇÃO DA PROLINA, QUE APRESENTA UM GRUPO AMINA (-NH-) NO LUGAR DO GRUPO AMINO.

COM EXCEÇÃO DA GLY (GLICINA) TODOS OS AMINOÁCIDOS APRESENTAM UM OU MAIS C ASSIMÉTRICO. NA GLICINA O CARBONO NÃO É ASSIMÉTRICO PORQUE O GRUPO R É CONSTITUÍDO POR -H.

OS COMPOSTOS COM C ASSIMÉTRICO APRESENTAM ISÔMEROS OPTICAMENTE ATIVOS, NAS FORMAS D E L. ESSAS FORMAS FORAM OBTIDAS COM BASE NO GLICEROLDEÍDO. TODAS AS PROTEÍNAS ENCONTRADAS NOS SERES VIVOS SÃO FORMADAS POR L-AMINOÁCIDOS. OS D-AMINOÁCIDOS APARECEM SOMENTE EM CERTOS ANTIBIÓTICOS E EM PEPTÍDIOS COMPONENTES DA PAREDE DE ALGUMAS BACTÉRIAS.

OS AMINOÁCIDOS SÃO CLASSIFICADOS, DE ACORDO COM A POLARIDADE DO GRUPO R, EM DUAS GRANDES CATEGORIAS: AMINOÁCIDOS APOLARES (GRUPO R HIDROFÓBICO) E AMINOÁCIDOS POLARES (GRUPO R HIDROFÍLICO)

OS AMINOÁCIDOS *APOLARES* TÊM GRUPO R CONSTITUÍDOS POR CADEIAS COM CARÁTER DE HIDROCARBONETOS, QUE NÃO INTERAGEM COM A ÁGUA. PERTENCEM A ESTE GRUPO: *GLICINA, ALANINA, VALINA, LEUCINA, ISOLEUCINA, METIONINA, PROLINA, FENILALANINA E TRIPTOFANO*.

OS AMINOÁCIDOS *POLARES* TÊM NAS CADEIAS LATERAIS, GRUPOS COM CARGA ELÉTRICA LÍQUIDA OU GRUPOS COM CARGAS RESIDUAIS, QUE OS CAPACITAM A INTERAGIR COM A ÁGUA. ESTES AMINOÁCIDOS SÃO SUBDIVIDIDOS EM TRÊS CATEGORIAS: *AMINOÁCIDOS BÁSICOS* (CARGA POSITIVA), *ÁCIDOS* (CARGA NEGATIVA) E *POLARES SEM CARGA* (CADEIA LATERAL NÃO APRESENTA CARGA LÍQUIDA). OS *AMINOÁCIDOS BÁSICOS* SÃO: *LISINA, ARGININA E HISTIDINA*. OS *ÁCIDOS* SÃO: *ASPARTATO E GLUTAMATO*. E OS AMINOÁCIDOS *POLARES SEM CARGA* SÃO: *SERINA, TREONINA E TIROSINA*, COM UM GRUPO HIDROXILA NA CADEIA LATERAL; *ASPARAGINA E GLUTAMINA*, COM UM GRUPO AMIDA; *CISTEÍNA*, COM UM GRUPO SULFIDRILA.

OS AMINOÁCIDOS LIGAM-SE FORMANDO CADEIAS POLIPEPTÍDICAS. PODEM FORMAR POLÍMEROS PELA LIGAÇÃO DO GRUPO CARBOXILA DE UM AMINOÁCIDO COM O GRUPO AMINO DE OUTRO. ESTA LIGAÇÃO CARBONO-NITROGÊNIO É CHAMADA DE *LIGAÇÃO PEPTÍDICA*.

A SEQUÊNCIA LINEAR DE AMINOÁCIDOS DE UMA PROTEÍNA DEFINE SUA **ESTRUTURA PRIMÁRIA**. O NÚMERO DE AMINOÁCIDOS É MUITO VARIÁVEL DE UMA **PROTEÍNA** PARA OUTRA:

- Insulina bovina: 51 aminoácidos
- Hemoglobina humana: 574 aminoácidos
- Desidrogenase glutâmica: 8 300 aminoácidos

O filamento de aminoácidos se enrola ao redor de um eixo, formando uma escada helicoidal chamada **α -hélice**. É uma estrutura estável, cujas voltas são mantidas por pontes de hidrogênio. Tal estrutura helicoidal é a **estrutura secundária da proteína**.

As **proteínas** estabelecem outros tipos de ligações entre suas partes. Com isto, dobram sobre si mesmas, adquirindo uma configuração espacial tridimensional chamada **estrutura terciária**. Essa configuração pode ser **filamentar** como no colágeno, ou globular, como nas enzimas.

Muitas **proteínas** são formadas pela associação de dois ou mais polipeptídeos (cadeias de aminoácidos). A maneira como estas cadeias se associam constitui a **estrutura quaternária** dessas **proteínas**. A hemoglobina é formada pela união de duas cadeias "alfa" e duas cadeias "beta".

Quando as **proteínas** são submetidas à elevação de temperatura, a variações de pH ou a certos solutos como a ureia, sofrem alterações na sua configuração espacial, e sua atividade biológica é perdida. Este processo se chama **desnaturação**. Ao romper as ligações originais, a **proteína** sofre novas dobras ao acaso. Geralmente, as proteínas se tornam insolúveis quando se desnaturam. É o que ocorre com a albumina da clara do ovo que, ao ser cozida, se torna sólida.

Na desnaturação, a sequência de aminoácidos não se altera e nenhuma ligação peptídica é rompida. Isto demonstra que a atividade biológica de uma proteína não

depende apenas da sua **estrutura primária**, embora esta seja o determinante da sua configuração espacial.

Algumas proteínas desnaturadas, ao serem devolvidas ao seu meio original, podem recobrar sua configuração espacial natural. Todavia, na maioria dos casos, nos processos de desnaturação por altas temperaturas ou por variações extremas de pH, as modificações são **irreversíveis**. A clara do ovo se solidifica, ao ser cozida, mas não se liquefaz quando esfria.

HEMOGLOBINA- TRANSPORTE DE OXIGÊNIO E TAMPONAMENTO DO PLASMA

O METABOLISMO DAS CÉLULAS AERÓBIAS DEPENDE DO RECEBIMENTO CONTÍNUO DE OXIGÊNIO, USADO NA OXIDAÇÃO DE NUTRIENTES. POR OUTRO LADO, O CO₂ RESULTANTE DESSA OXIDAÇÃO DEVE SER REMOVIDO CONSTANTEMENTE. O TRANSPORTE DE OXIGÊNIO DOS PULMÕES AOS TECIDOS É EFETUADO PELA HEMOGLOBINA PRESENTE NAS HEMÁCIAS. O CO₂ PRODUZIDO PELOS TECIDOS É CONVERTIDO A ÁCIDO CARBÔNICO, QUE SE IONIZA EM BICARBONATO E H⁺. O BICARBONATO É TRANSPORTADO PELO SANGUE ATÉ OS PULMÕES, ONDE É ELIMINADO COMO CO₂; OS ÍONS H⁺ SÃO REMOVIDOS PELA HEMOGLOBINA.

A HEMOGLOBINA, ALÉM DE TRANSPORTAR OXIGÊNIO, EXERCE EFEITO TAMPÃO, IMPEDINDO QUE OS ÍONS H⁺ POSSAM ALTERAR O PH DO SANGUE, COM CONSEQUÊNCIAS DANOSAS PARA O ORGANISMO.

CADA CADEIA DE HEMOGLOBINA ESTÁ ASSOCIADA A UM GRUPO PROSTÉTICO CHAMADO *HEME*. O HEME É UMA MOLÉCULA DE PORFIRINA CONTENDO UM ÁTOMO DE FERRO, NA MIOGLOBINA E NA HEMOGLOBINA, PERMANECE NO ESTADO FERROSO Fe²⁺. O HEME CONFERE À HEMOGLOBINA, E AO SANGUE, SUA COR CARACTERÍSTICA. O GRUPO HEME, EM CADA SUBUNIDADE, LOCALIZA-SE DENTRO DE UMA CAVIDADE HIDROFÓBICA, DELIMITADA POR AMINOÁCIDOS APOLARES, QUE ESTABELECEM INTERAÇÕES HIDROFÓBICAS COM O ANEL PORFÍRICO. ESTA AMBIENTE APOLAR TORNA POSSÍVEL A LIGAÇÃO DO OXIGÊNIO AO FERRO (Fe²⁺), SEM QUE ELE SEJA OXIDADO AO ESTADO FÉRRICO (Fe³⁺). A LIGAÇÃO DO OXIGÊNIO AO GRUPO HEME ALTERA A COR DA HEMOGLOBINA, QUE PASSA DE AZULADA (SANGUE VENOSO) A VERMELHA (SANGUE ARTERIAL).

ENZIMAS

A MANUTENÇÃO DA VIA CELULAR DEPENDE DA CONTÍNUA OCORRÊNCIA DE UM CONJUNTO DE REAÇÕES QUÍMICAS, QUE DEVEM ATENDER DUAS EXIGÊNCIAS FUNDAMENTAIS: (1) DEVEM OCORRER EM VELOCIDADES ADEQUADAS À FISIOLOGIA CELULAR, A INSUFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO OU NA REMOÇÃO DE METABÓLITOS PODE

LEVAR A CONDIÇÕES PATOLÓGICAS, E (2) PRECISAM SER ALTAMENTE ESPECÍFICAS DE MODO A GERAR PRODUTOS DEFINIDOS.

COMO *CATALISADORES*, AS ENZIMAS AUMENTAM DE VÁRIAS ORDENS DE GRANDEZA A VELOCIDADE DAS REAÇÕES QUE CATALISAM. A OXIDAÇÃO DE GLICOSE POR OXIGÊNIO POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE REAÇÕES CATALISADAS POR ENZIMAS PODE SER FEITA NAS CÉLULAS EM MINUTOS. POR SEREM ALTAMENTE ESPECÍFICAS, SELECIONAM, ENTRE TODAS AS REAÇÕES POTENCIALMENTE POSSÍVEIS, AQUELAS QUE EFETIVAMENTE IRÃO ACONTECER. AS ENZIMAS ACELERAM A VELOCIDADE DA REAÇÃO POR DIMINUIR SUA ENERGIA DE ATIVAÇÃO.

A VELOCIDADE DE REAÇÃO PODE SER AUMENTADA DE TRÊS MANEIRAS DIFERENTES:

1. AUMENTANDO A CONCENTRAÇÃO DO REAGENTE;
2. ELEVANDO A TEMPERATURA, UM NÚMERO MAIOR DE MOLÉCULAS ATINGE A ENERGIA DE ATIVAÇÃO.
3. DIMINUINDO A ENERGIA DE ATIVAÇÃO, MESMO MANTIDA A TEMPERATURA, AUMENTA A POPULAÇÃO DE MOLÉCULAS COM ENERGIA NECESSÁRIA PARA REAGIR.

A REDUÇÃO NO VALOR DA ENERGIA DE ATIVAÇÃO PODE SER OBTIDA PELA PRESENÇA DE CATALISADORES, E É O PROCESSO EMPREGADO PELOS SERES VIVOS PARA ACELERAR SUAS REAÇÕES QUÍMICAS.

OS CATALISADORES SÃO SUBSTÂNCIAS QUE ACELERAM A VELOCIDADE DE UMA REAÇÃO SEM ALTERAR A PROPORÇÃO ENTRE REAGENTES E PRODUTOS ENCONTRADA NO FINAL DA REAÇÃO E SEM SEREM EFETIVAMENTE CONSUMIDOS DURANTE O PROCESSO.

TODAS AS CÉLULAS DISPÕEM DE PROTEÍNAS COM FUNÇÃO CATALÍTICA: SÃO AS *ENZIMAS*, QUE, NA VERDADE, CATALISAM PRATICAMENTE TODAS AS REAÇÕES QUÍMICAS QUE SE PROCESSAM NOS SERES VIVOS. NAS REAÇÕES ENZIMÁTICAS, OS REAGENTES SÃO CHAMADOS *SUBSTRATOS*.

A LIGAÇÃO COM O SUBSTRATO DÁ-SE APENAS EM UMA REGIÃO PEQUENA E BEM DEFINIDA DA ENZIMA, CHAMADA *SÍTIO ATIVO* DA ENZIMA.

AS ENZIMAS, COMO TODAS AS PROTEÍNAS, SÃO SINTETIZADAS PELAS PRÓPRIAS CÉLULAS. COMO AS ENZIMAS APRESENTAM ALTO GRAU DE *ESPECIFICIDADE*, OCORRERÃO EM UMA CÉLULA, APENAS AQUELAS REAÇÕES PARA AS QUAIS A CÉLULA POSSUA ENZIMAS ESPECÍFICAS.

A MAIORIA DAS ENZIMAS NECESSITA DA ASSOCIAÇÃO COM OUTRAS MOLÉCULAS OU ÍONS PARA EXERCER SEU PAPEL CATALÍTICO. ESSES COMPONENTES DA REAÇÃO ENZIMÁTICA SÃO CHAMADOS DE *COFADORES*. OS COFADORES PODEM SER ÍONS METÁLICOS OU MOLÉCULAS ORGÂNICAS, NÃO PROTEICAS, DE COMPLEXIDADE VARIADA, QUE RECEBEM O NOME DE COENZIMAS.

ESTRUTURA DE CARBOIDRATOS E LIPÍDIOS

OS *CARBOIDRATOS* SÃO POLIIDROXIALDEÍDOS OU POLIIDROXICETONAS, OU SUBSTÂNCIAS QUE, HIDROLISADAS, ORIGINAM ESTES COMPOSTOS. CARBOIDRATOS COM SABOR DOCE, COMO SACAROSE, GLICOSE E FRUTOSE, COMUNS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA, SÃO CHAMADOS *AÇÚCARES*.

MONOSSACARÍDIOS CONSTITUEM O TIPO MAIS SIMPLES DE CARBOIDRATO, CHAMADOS *ALDOSES* OU *CETOSSES*, SEGUNDO O GRUPO FUNCIONAL QUE APRESENTAM, ALDEÍDO OU CETONA. DE ACORDO COM SEU NÚMERO DE ÁTOMOS DE CARBONO, SÃO DESIGNADOS TRIOSSES, TETROSES, PENTOSSES, HEXOSSES OU HEPTOSSES. HÁ DUAS TRIOSSES: O GLICERALDEÍDO, UMA ALDOTRIOSE, E A DIIDROXIACETONA, UMA CETOTRIOSE. O GLICERALDEÍDO APRESENTA UM CARBONO (C₂) ASSIMÉTRICO, DANDO ORIGEM A DOIS ISÔMEROS: D E L. OS OUTROS MONOSSACARÍDEOS SÃO TEORICAMENTE DERIVADOS DESSAS DUAS TRIOSSES.

OLIGASSACARÍDIOS SÃO CARBOIDRATOS FORMADOS POR UM PEQUENO NÚMERO DE MONOSSACARÍDIOS UNIDOS POR LIGAÇÕES GLICOSÍDICAS. ESTAS LIGAÇÕES SÃO, FORMADAS ENTRE DUAS HIDROXILAS DE DUAS MOLÉCULAS DE MONOSSACARÍDIOS, PELA EXCLUSÃO DE UMA MOLÉCULA DE ÁGUA.

ENTRE OS OLIGOSSACARÍDIOS, OS MAIS COMUNS SÃO OS *DISSACARÍDIOS*, QUE INCLUEM A *SACAROSE*, FORMADA POR GLICOSE E FRUTOSE, E A *LACTOSE*, CONSTITUÍDA DE GLICOSE E GALACTOSE.

POLISSACARÍDIOS SÃO POLÍMEROS CONSTITUÍDOS DE CENTENAS OU MILHARES DE MONOSSACARÍDIOS, MAIS COMUMENTE A GLICOSE. PODEM FORMAR CADEIAS LINEARES, COMO NA *CELULOSE*, OU CADEIAS RAMIFICADAS, COMO NO *AMIDO* E NO *GLICOGÊNIO*.

O AMIDO É COMPOSTO DE DUAS FRAÇÕES: AMIOSE E AMIOPECTINA, QUE CORRESPONDEM, RESPECTIVAMENTE, A CERCA DE 20 E 80% DO AMIDO NA MAIORIA DAS PLANTAS. O AMIDO É O CARBOIDRATO MAIS ABUNDANTE DA DIETA DOS SERES HUMANOS, SEGUIDO POR SACAROSE E LACTOSE. CONSEQUENTEMENTE, O PRINCIPAL PRODUTO DA DIGESTÃO DOS CARBOIDRATOS É A GLICOSE, SECUNDADA POR PEQUENAS QUANTIDADES DE FRUTOSE E GALACTOSE.

AS FUNÇÕES DOS CARBOIDRATOS SÃO BASTANTE DIVERSIFICADAS, INCLUINDO A SUSTENTAÇÃO (CELULOSE, NOS VEGETAIS) E A RESERVA (GLICOGÊNIO NOS ANIMAIS, AMIDO NOS VEGETAIS), ALÉM DE PODEREM ESTAR LIGADOS A LIPÍDIOS E PROTEÍNAS.

OS LIPÍDIOS CONSTITUEM UMA CLASSE DE COMPOSTOS COM ESTRUTURAS BASTANTE VARIADAS, CARACTERIZADOS POR SUA ALTA SOLUBILIDADE EM SOLVENTES ORGÂNICOS E POR SEREM PRATICAMENTE INSOLÚVEIS EM ÁGUA. EXERCEM DIVERSAS FUNÇÕES BIOLÓGICAS, COMO COMPONENTES DE MEMBRANAS,

ISOLANTES TÉRMICOS E RESERVAS DE ENERGIA; ELES PRÓPRIOS OU SEUS DERIVADOS TÊM TAMBÉM FUNÇÃO DE VITAMINAS E HORMÔNIOS.

OS *ÁCIDOS GRAXOS* SÃO ÁCIDOS MONOCARBOXÍLICOS, GERALMENTE COM UMA CADEIA CARBÔNICA LONGA, COM NÚMERO PAR DE ÁTOMOS DE CARBONO E SEM RAMIFICAÇÕES, PODENDO SER SATURADA OU CONTER UMA INSATURAÇÃO (ÁCIDOS GRAXOS MONOINSATURADOS) OU DUAS OU MAIS INSATURAÇÕES (ÁCIDOS GRAXOS POLINSATURADOS).

OS *ESTEROIDES* SÃO LIPÍDIOS QUE APRESENTAM UM NÚCLEO TETRACÍCLICO CARACTERÍSTICO EM SUA ESTRUTURA. O COMPOSTO CHAVE DESTE GRUPO É O *COLESTEROL*, NÃO APENAS POR SER O ESTEROIDE MAIS ABUNDANTE DOS TECIDOS ANIMAIS, COMO POR SERVIR DE PRECURSOR À SÍNTESE DE TODOS OS OUTROS ESTEROIDES, QUE INCLUEM *HORMÔNIOS ESTEROIDES*, *SAIS BILIARES* E *VITAMINA D*.

METABOLISMO

PARA MANTEREM-SE VIVOS E DESEMPENHAREM DIVERSAS FUNÇÕES BIOLÓGICAS, OS ORGANISMOS NECESSITAM CONTINUAMENTE DE ENERGIA.

ALGUNS ORGANISMOS, CHAMADOS FOTOTRÓFICOS, ESTÃO ADAPTADOS A OBTER A ENERGIA DE QUE NECESSITAM DA LUZ SOLAR; OUTROS, OS QUIMIOTRÓFICOS, OBTÊM ENERGIA OXIDANDO COMPOSTOS ENCONTRADOS NO MEIO AMBIENTE. DENTRE OS QUIMIOTRÓFICOS, CERTOS MICRORGANISMOS SÃO CAPAZES DE OXIDAR COMPOSTOS INORGÂNICOS, SÃO CHAMADOS QUIMIOLITOTRÓFICOS. A MAIORIA DOS MICRORGANISMOS E TODOS OS ANIMAIS SÃO, ENTRETANTO, QUIMIORGANOTRÓFICOS, POR NECESSITAREM OXIDAR SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS.

AS SUBSTÂNCIAS OXIDÁVEIS UTILIZADAS PELOS SERES HUMANOS, EM PARTICULAR, ESTÃO PRESENTES NOS SEUS ALIMENTOS, SOB A FORMA DE CARBOIDRATOS, LIPÍDIOS E PROTEÍNAS.

OS NUTRIENTES, AO SEREM OXIDADOS, PERDEM PRÓTONS E ELÉTRONS ($H^+ + e^-$) E TÊM SEUS ÁTOMOS DE CARBONO CONVERTIDOS A CO_2 . OS PRÓTONS E ELÉTRONS SÃO RECEBIDOS POR COENZIMAS NA FORMA OXIDADA, QUE PASSAM ASSIM À FORMA REDUZIDA. A REOXIDAÇÃO DAS COENZIMAS É OBTIDA PELA TRANSFERÊNCIA DOS ($H^+ + e^-$) PARA O OXIGÊNIO MOLECULAR, QUE É ENTÃO CONVERTIDO A ÁGUA. A ENERGIA DERIVADA DESTA OXIDAÇÃO É UTILIZADA PARA SINTETIZAR UM COMPOSTO RICO EM ENERGIA, A ADENOSINA TRIFOSFATO (ATP), A PARTIR DE ADENOSINA DIFOSFATO (ADP) E FOSFATO INORGÂNICO (HP_4^{2-} A PH 7,4). É A ENERGIA QUÍMICA DO ATP A QUE SERÁ USADA PARA PROMOVER OS PROCESSOS BIOLÓGICOS QUE CONSOMEM ENERGIA.

METABOLISMO DE CARBOIDRATOS: GLICÓLISE, FORMAÇÃO DE ACETIL-COA E CICLO DE KREBS

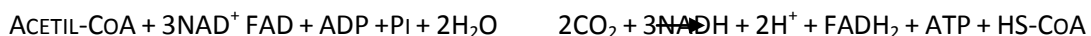
A GLICOSE É O PRINCIPAL SUBSTRATO OXIDÁVEL PARA A MAIORIA DOS ORGANISMOS. ELA É IMPRESCINDÍVEL PARA ALGUMAS CÉLULAS E TECIDOS, COMO HEMÁCIAS E TECIDO NERVOSO, POR SER O ÚNICO SUBSTRATO QUE É CAPAZ DE OXIDAR PARA OBTER ENERGIA.

A ETAPA INICIAL DA OXIDAÇÃO DA GLICOSE SE PROCESSA NO CITOSSOL, CONSISTE NA CONVERSÃO DE GLICOSE(C₆) A 2 PIRUVATO (2C₃) POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DE REAÇÕES DENOMINADAS DE *GLICÓLISE*, UMA VIA METABÓLICA FUNDAMENTAL DOS SERES VIVOS. SEUS PRODUTOS SÃO ATP, (H⁺ + e⁻), RECEBIDOS POR COENZIMAS E PIRUVATO.

A GLICÓLISE OCORRE EM UMA SEQUÊNCIA DE REAÇÕES ENZIMÁTICAS: A PRIMEIRA FASE VAI ATÉ A FORMAÇÃO DE DUAS MOLÉCULAS DE GLICERALDEÍDO-3-FOSFATO CARACTERIZA-SE COMO UMA FASE DE GASTO ENERGÉTICO DE 2 ATPs NAS DUAS FOSFORILAÇÕES QUE OCORREM NESTA FASE; A SEGUNDA FASE CARACTERIZA-SE PELA PRODUÇÃO ENERGÉTICA DE 4 ATPs EM REAÇÕES OXIDATIVAS ENZIMÁTICAS INDEPENDENTES DE OXIGÊNIO, UTILIZANDO O NADH COMO TRANSPORTADOR DE HIDROGÊNIO DA REAÇÃO DE DESIDROGENAÇÃO QUE OCORRE. O RENDIMENTO ENERGÉTICO LÍQUIDO FINAL DO METABOLISMO ANAERÓBIO DA GLICOSE, PORTANTO É DE SOMENTE 2ATPs.

UMA POSTERIOR OXIDAÇÃO DO PIRUVATO É FEITA NO INTERIOR DA MITOCÔNDRIA. O PIRUVATO É UM COMPOSTO DE TRÊS CARBONOS (C₃), SOFRE UMA DESCARBOXILAÇÃO OXIDATIVA TRANSFORMANDO-SE EM UM COMPOSTO DE DOIS CARBONOS (C₂)-ACETIL-CoA-. NO CICLO DE KREBS OS ÁTOMOS DE CARBONO DO RADICAL ACETIL DA ACETIL-CoA SÃO OXIDADOS A CO₂ E PARALELO A ESTA OXIDAÇÃO SÃO REDUZIDOS 3NAD⁺ E 1FAD (REDUÇÃO DE COENZIMAS). A ENERGIA DA OXIDAÇÃO DA ACETIL-CoA É CONSERVADA NA FORMA DE COENZIMAS REDUZIDAS PARA POSTERIOR SÍNTESE DE ATP. COM A REOXIDAÇÃO DAS COENZIMAS PELA CADEIA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS PRODUZ ATP. O CICLO DE KREBS PRODUZ DIRETAMENTE UM ATP E CONTRIBUI PARA A FORMAÇÃO DE GRANDE PARTE DE ATP PRODUZIDO PELA CÉLULA.

EQUAÇÃO GERAL DO CICLO DE KREBS



CADEIA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS E FOSFORILAÇÃO OXIDATIVA

AS CÉLULAS AERÓBICAS PRODUZEM A MAIOR PARTE DO SEU ATP POR OXIDAÇÃO DAS COENZIMAS PELO OXIGÊNIO, EFETUADA POR UMA CADEIA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS, À QUAL ESTÁ INTIMAMENTE ASSOCIADA A

SÍNTESE DE ATP. ESTA SÍNTESE CONSISTE NA FOSFORILAÇÃO DO ADP (ADP + PI → ATP) E, POR UTILIZAR A ENERGIA DERIVADA DA OXIDAÇÃO DAS COENZIMAS, É DENOMINADA *FOSFORILAÇÃO OXIDATIVA*.

NOS ORGANISMOS AERÓBIOS, A OXIDAÇÃO DAS COENZIMAS É FEITA POR TRANSFERÊNCIA DE ELÉTRONS PARA O OXIGÊNIO: RECEBENDO ELÉTRONS, O OXIGÊNIO LIGA-SE A PRÓTONS DO MEIO, FORMANDO ÁGUA. ESSE PROCESSO LIBERA GRANDE QUANTIDADE DE ENERGIA, EM VIRTUDE DA DIFERENÇA DE POTENCIAIS DE ÓXIDO-REDUÇÃO ENTRE A COENZIMA REDUZIDA E O OXIGÊNIO.

METABOLISMO DE CARBOIDRATOS: VIA DAS PENTOSE FOSFATO

EM VIAS DEGRADATIVAS, COMO GLICÓLISE, CICLO DE KREBS, O SUBSTRATO É OXIDADO, GERANDO COENZIMAS REDUZIDAS (NADH E FADH₂), A PARTIR DE CUJA OXIDAÇÃO SE PRODUZ ATP. NA SÍNTESE DE MUITOS COMPOSTOS, OCORRE A REVERSO: HÁ CONSUMO DE ATP E REDUÇÃO DO SUBSTRATO POR COENZIMAS REDUZIDAS. A COENZIMA UTILIZADA EM TAIS REDUÇÕES É O NADPH, QUE PASSA À FORMA NADP⁺; A VOLTA À FORMA REDUZIDA É CUMPRIDA PELA VIA DAS PENTOSE FOSFATO. AS DUAS COENZIMAS (NAD⁺ E NADPH) TÊM, ENTÃO, PAPÉIS METABÓLICOS OPOSTOS: A PRIMEIRA É UTILIZADA QUANDO UM SUBSTRATO ESTÁ SENDO OXIDADO E A SEGUNDA, QUANDO UM SUBSTRATO ESTÁ SENDO REDUZIDO. IGUALMENTE DIFERENTES SÃO OS PROCESSOS DE REGENERAÇÃO DAS DUAS COENZIMAS: O NADH PRODUZIDO NO METABOLISMO DEGRADATIVO É REOXIDADO NA CADEIA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS; O NADH NÃO É SUBSTRATO DA CADEIA DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS, E SUA OXIDAÇÃO É FEITA EM VIAS DE SÍNTESES REDUTORAS, COMO A SÍNTESE DE ÁCIDOS GRAXOS E DE ESTEROIDES.

NA VIA DAS PENTOSE FOSFATO, PORTANTO, A ENERGIA DERIVADA DA OXIDAÇÃO DA GLICOSE É EXCLUSIVAMENTE ARMAZENADA SOB A FORMA DE PODER REDUTOS (NADPH) E NÃO NADH E ATP, COMO NA GLICÓLISE.

METABOLISMO DE CARBOIDRATOS: GLICOGÊNIO, AMIDO, SACAROSE E LACTOSE

O GLICOGÊNIO É UM POLÍMERO DE GLICOSE E CONSTITUI UMA FORMA DE RESERVA DESTA AÇÚCAR. NOS MAMÍFEROS, AS PRINCIPAIS RESERVAS DE GLICOGÊNIO OCORREM NO FÍGADO E EM MÚSCULOS ESQUELÉTICOS. O GLICOGÊNIO É SINTETIZADO POR ESTES ÓRGÃOS QUANDO A OFERTA DE GLICOSE AUMENTA, COMO ACONTECE APÓS AS REFEIÇÕES. O GLICOGÊNIO HEPÁTICO É DEGRADADO PRODUZINDO GLICOSE, QUE É EXPORTADA PARA MANTER A GLICEMIA NOS PERÍODOS ENTRE AS REFEIÇÕES.

AS ENZIMAS QUE CATALISAM A SÍNTESE E A DEGRADAÇÃO DO GLICOGÊNIO, ALÉM DE PROTEÍNAS REGULADORAS DESTES PROCESSOS, ESTÃO INTIMAMENTE ASSOCIADAS AO POLÍMERO EM GRÂNULOS CITOSSÓLICOS.

A DEGRADAÇÃO DO GLICOGÊNIO CONSISTE NA REMOÇÃO SUCESSIVA DE RESÍDUOS DE GLICOSE, A PARTIR DAS EXTREMIDADES NÃO REDUTORAS, POR AÇÃO DA *GLICOGÊNIO FOSFORILASE*. ESTA ENZIMA CATALISA A FOSFORÓLISE DA LIGAÇÃO A-1,4, LIBERANDO UM RESÍDUO DE GLICOSE COMO GLICOSE 1-FOSFATO.

A GLICOSE 1-FOSFATO É CONVERTIDA PELA FOSFOGLICOMUTASE A GLICOSE 6-FOSFATO, QUE PODE SER DEGRADADA PELA GLICÓLISE.

NOS VEGETAIS, O POLÍMERO DE GLICOSE UTILIZADO COMO RESERVA É O AMIDO, QUE TEM ESTRUTURA MUITO PARECIDA COM O GLICOGÊNIO, MAS É MENOS RAMIFICADO. A SÍNTESE DO AMIDO É MUITO SEMELHANTE À SÍNTESE DO GLICOGÊNIO, COM A SUBSTITUIÇÃO DA FORMA ATIVADA DA GLICOSE DE UDP-GLICOSE POR ADP-GLICOSE. A REAÇÃO É CATALISADA PELA ADP-GLICOSE SINTASE. O ADP-G É SUBSTRATO DA AMIDO SINTETASE, A ENZIMA QUE VERDADEIRAMENTE CATALISA A INCORPORAÇÃO DE GLICOSE AO POLÍMERO.

A SACAROSE DA DIETA HUMANA CONSTITUI UMA FONTE QUANTITATIVAMENTE IMPORTANTE DE MONOSSACARÍDIOS E, PORTANTO, DE ENERGIA. A LACTOSE, O PRINCIPAL CARBOIDRATO DO LEITE, ALÉM DE SER FUNDAMENTAL NOS PRIMEIROS MESES DE VIDA, TAMBÉM FAZ PARTE DA DIETA DOS ADULTOS, POR ESTAR PRESENTE EM LATICÍNIOS. ESTES DISSACARÍDIOS SÃO HIDROLISADOS NO INTESTINO DELGADO POR SACARASE E LACTASE, RESPECTIVAMENTE. A SACAROSE PRODUZ GLICOSE E FRUTOSE; A LACTOSE LIBERA GLICOSE E GALACTOSE; OS MONOSSACARÍDIOS SÃO, ENTÃO, ABSORVIDOS. A DEFICIÊNCIA DE LACTASE EM INDIVÍDUOS ADULTOS É RELATIVAMENTE COMUM. NÃO SENDO HIDROLISADA, A LACTOSE PERMANECE NO INTESTINO DELGADO, ONDE SOFRE FERMENTAÇÃO BACTERIANA, QUE RESULTA NA PRODUÇÃO DE GASES E OCASIONA DIARREIA.

FRUTOSE E GALACTOSE SÃO METABOLIZADAS, EM SUA MAIOR PARTE NO FÍGADO, POR CONVERSÃO A INTERMEDIÁRIOS DA GLICÓLISE. NO FÍGADO, A FRUTOSE É CONVERTIDA A DIIDROXIACETONA FOSFATO E GLICERALDEÍDO 3-FOSFATO.

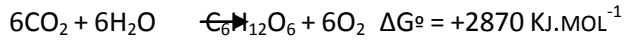
EM OUTROS TECIDOS, COMO ADIPOSEO E MÚSCULO, QUE SINTETIZAM HEXOQUINASE, A FRUTOSE É CONVERTIDA A FRUTOSE 6-FOSFATO POR ESTA ENZIMA, GANHANDO ACESSO À GLICÓLISE.

FOTOSSÍNTESE

A *FOTOSSÍNTESE* É O PROCESSO PELO QUAL A ENERGIA LUMINOSA É TRANSFORMADA EM ENERGIA QUÍMICA, SOB A FORMA DE ATP, NADPH E CARBOIDRATOS. OS ORGANISMOS CAPAZES DE EFETUAR ESTE PROCESSO SÃO AS BACTÉRIAS VERDES E PÚRPURAS, AS CIANOBACTÉRIAS, AS ALGAS E AS PLANTAS. O PROCESSO É

DENOMINADO *FOTOSSÍNTESE* PORQUE AS COENZIMAS PRODUZIDAS, ATP E NADPH, SÃO UTILIZADAS PARA ADICIONAR CO₂ À MOLÉCULAS ORGÂNICAS, CARACTERIZANDO UMA SÍNTESE DE *CARBOIDRATO*.

A EQUAÇÃO GERAL DA FOTOSSÍNTESE EM MUITOS ORGANISMOS É:



NAS CADEIAS DE TRANSPORTE DE ELÉTRONS INTEGRANTES DA FOTOSSÍNTESE, O DOADOR INICIAL DE ELÉTRONS É A ÁGUA E O ACEPTOR FINAL, A COENZIMA NADP⁺, QUE É REDUZIDA A NADPH; O OXIGÊNIO É UM DOS PRODUTOS DO PROCESSO. O TRANSPORTE DE ELÉTRONS ORIGINA UM GRADIENTE DE PRÓTONS, A PARTIR DO QUAL O ATP É SINTETIZADO.

NOS EUKARIOTOS (ALGAS E PLANTAS SUPERIORES), A FOTOSSÍNTESE PROCESSA-SE EM ORGANELAS ESPECIALIZADAS: OS *CLOROPLASTOS*, PRESENTES NAS CÉLULAS EM NÚMERO QUE VARIA DE 1 A 1000. ESTAS ORGANELAS SÃO COMPOSTAS DE DUAS MEMBRANAS: UMA EXTERNA, BASTANTE PERMEÁVEL, E UMA INTERNA, COM PERMEABILIDADE SELETIVA. O CONTEÚDO DO CLOROPLASTO É CHAMADO *ESTROMA*. IMERSA NO ESTROMA ENCONTRA-SE A *MEMBRANA TILACOIDE*. A MEMBRANA TILACOIDE CONTÉM OS PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS, ASSOCIADOS A PROTEÍNAS INTEGRADAS, E AS ENZIMAS NECESSÁRIAS PARA A UTILIZAÇÃO DA LUZ E A SÍNTESE DE ATP E NADPH. NO ESTROMA, ENCONTRAM-SE AS ENZIMAS QUE CATALISAM A REDUÇÃO DE CO₂ A CARBOIDRATOS.

OS PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EFETUAM A ABSORÇÃO DE ENERGIA LUMINOSA E PODEM SER DE TRÊS TIPOS PRINCIPAIS: CLOROFILA, CAROTENOIDES E FICOBILINAS.

AS *CLOROFILAS* SÃO AS MOLÉCULAS FOTORRECEPTORAS MAIS IMPORTANTES. SÃO COMPOSTOS DERIVADOS DA PROTOPORFIRINA IX, COMO O GRUPO HEME. NAS CLOROFILAS OS ÁTOMOS DE NITROGÊNIO DOS QUATRO NÚCLEOS PIRRÓLICOS ESTÃO LIGADOS A UM ÍON Mg²⁺, QUE OCUPA A MESMA POSIÇÃO CENTRAL QUE O ÍONS Fe²⁺ NO HEME; UM DOS ANÉIS (IV) É REDUZIDO E APARECE UM ANEL ADICIONAL (V), NÃO PIRRÓLICO; A LONGA CADEIA HIDROFÓBICA DO ÁLCOOL FITOL (C₂₀) ESTÁ ESTERIFICADA À CARBOXILA DO SUBSTITUINTE DO ANEL IV. NOS CLOROPLASTOS DAS CÉLULAS VEGETAIS SUPERIORES, HÁ DOIS TIPOS PRINCIPAIS DE CLOROFILA, A E B, QUE DIFEREM PELO SUBSTITUINTE DO ANEL II: METILA NA *CLOROFILA A* E FORMILA NA *CLOROFILA B*.

DENTRE OS CAROTENOIDES, PIGMENTOS ALARANJADOS, ESTÃO OS *CAROTENOS*, DOS QUAIS OS MAIS IMPORTANTES SÃO O β-CAROTENO, E AS *XANTOFILAS*, QUE SÃO CAROTENOS OXIGENADOS. O β-CAROTENO É PRECURSOR DA VITAMINA A NOS MAMÍFEROS.

AS ALGAS APRESENTAM AINDA PIGMENTOS CHAMADOS *FICOBILINAS*, QUE SÃO CADEIAS LINEARES FORMADAS POR NÚCLEOS TETRAPIRRÓLICOS.

NAS BACTÉRIAS, O APARELHO FOTOSSINTETIZADOR PODE ESTAR IMERSO NA MEMBRANA PLASMÁTICA OU EM ESTRUTURAS RESULTANTES DE INVAGINAÇÕES DA MEMBRANA, GERALMENTE VESÍCULAS, CHAMADAS *CROMATÓFOROS*.

A FOTOSSÍNTESE BACTERIANA ENVOLVE SEMPRE A FOTOFOSFORILAÇÃO, OU SEJA, A SÍNTESE DE ATP À CUSTA DE ENERGIA DE ENERGIA LUMINOSA: ELÉTRONS DE ALTA ENERGIA EMITIDOS POR PIGMENTOS SOB ILUMINAÇÃO SÃO TRANSPORTADOS POR UMA CADEIA DE COMPOSTOS ORGANIZADOS EM UMA MEMBRANA, EM ORDEM CRESCENTE DE POTENCIAL DE OXIRREDUÇÃO; PARTE DE ENERGIA LIBERADA GERA UM GRADIENTE DE PRÓTONS, QUE É UTILIZADO PARA SINTETIZAR ATP.

METABOLISMO DE LIPÍDIOS

OS LIPÍDIOS DA DIETA HUMANA, ABSORVIDOS NO INTESTINO SÃO DISTRIBUÍDOS AOS TECIDOS PELAS LIPOPROTEÍNAS PLASMÁTICAS, PARA UTILIZAÇÃO OU ARMAZENAMENTO. OS TRIACILGLICERÓIS SÃO LIPÍDIOS DIETÉTICOS MAIS ABUNDANTES E CONSTITUEM A FORMA DE ARMAZENAMENTO DE TODO O EXCESSO DE NUTRIENTES, QUER ESTE EXCESSO SEJA INGERIDO SOB A FORMA DE CARBOIDRATOS, PROTEÍNAS OU DOS PRÓPRIOS LIPÍDIOS. REPRESENTAM A MAIOR RESERVA ENERGÉTICA DO ORGANISMO, PERFAZENDO, EM MÉDIA, 20% DO PESO CORPÓREO, O QUE EQUIVALE A UMA MASSA 100 VEZES MAIOR DO QUE A DO GLICOGÊNIO HEPÁTICO. OS TRIACILGLICERÓIS SÃO ARMAZENADOS NAS CÉLULAS ADIPOSAS, SOB FORMA ANIDRA, E PODEM OCUPAR A MAIOR PARTE DO VOLUME CELULAR.

A MOBILIZAÇÃO DO DEPÓSITO DE TRIACILGLICERÓIS É INICIADA POR AÇÃO DA *LÍPASE HORMÔNIO-SENSÍVEL* DOS ADIPÓCITOS, ASSIM CHAMADA POR SER SUJEITA A REGULAÇÃO HORMONAL. A ENZIMA CATALISA A REMOÇÃO DE UM ÁCIDO GRAXO DO TRIACILGLICEROL; OUTRAS LIPASES COMPLETAM O PROCESSO DE HIDRÓLISE DOS TRIACILGLICERÓIS A GLICEROL E ÁCIDOS GRAXOS.

OS PRODUTOS DA HIDRÓLISE DE TRIACILGLICERÓIS SÃO OXIDADOS POR PROCESSOS DISTINTOS.

O *GLICEROL* NÃO PODE SER REAPROVEITADO PELOS ADIPÓCITOS, QUE NÃO TÊM *GLICEROL QUINASE*, SENDO ENTÃO LIBERADO NA CIRCULAÇÃO. NO FÍGADO E OUTROS TECIDOS, POR AÇÃO DESTA QUINASE, É CONVERTIDO A *GLICEROL 3-FOSFATO*, QUE PODE SER TRANSFORMADO EM DIIDROXIACETONA FOSFATO, UM INTERMEDIÁRIO DA GLICÓLISE.

OS ÁCIDOS GRAXOS LIBERADOS DOS ADIPÓCITOS SÃO TRANSPORTADOS PELO SANGUE LIGADOS À ALBUMINA E UTILIZADOS PELOS TECIDOS, INCLUINDO FÍGADO E MÚSCULOS, COMO FONTE DE ENERGIA; O TECIDO NERVOSO E AS HEMÁCIAS SÃO EXCEÇÕES, PORQUE OBTÉM ENERGIA EXCLUSIVAMENTE A PARTIR DA DEGRADAÇÃO DE GLICOSE.

OS TRIACILGLICERÓIS DA DIETA, SÃO HIDROLISADOS PELA *LÍPASE LIPOPROTEICA*, UMA ENZIMA EXTRACELULAR, QUE FICA ANCORADA NO ENDOTÉLIO DOS CAPILARES DOS TECIDOS EXTRA-HEPÁTICOS. OS PRODUTOS FINAIS DA HIDRÓLISE, COMO NO CASO DA LIPASE DOS ADIPÓCITOS, SÃO GLICEROL E ÁCIDOS GRAXOS, QUE SE TORNAM DISPONÍVEIS PARA AS CÉLULAS.

OS ÁCIDOS GRAXOS, MOBILIZADOS DO TECIDO ADIPOSE OU PROVENIENTES DA DIETA, SÃO OXIDADOS POR UMA VIA QUE SE PROCESSA NO INTERIOR DAS MITOCÔNDRIAS.

PARA SER OXIDADO, O ÁCIDO GRAXO, COMO ACONTECE COM A GLICOSE, É PRIMEIRAMENTE CONVERTIDO EM UMA FORMA ATIVADA, NESTE CASO, UMA *ACIL-COA*. ESTA ETAPA PRÉVIA É CATALISADA PELA *ACIL-COA SINTETASE*, ASSOCIADA À MEMBRANA EXTERNA DA MITOCÔNDRIA.

AS ENZIMAS DA OXIDAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS ESTÃO LOCALIZADAS DENTRO DA MITOCÔNDRIA.

A ENTRADA DOS ÁCIDOS GRAXOS NO INTERIOR DAS MITOCÔNDRIAS REQUER PRIMEIRO A TRANSFORMAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS EM *ACIL-COA*, DEPOIS EM *ACIL-CARNITINA* QUE É TRANSLOCADA PARA DENTRO DA MATRIZ MITOCONDRIAL PELO TRANSPORTADOR *ACIL-CARNITINA/CARNITINA* QUE SE ENCONTRA NA MEMBRANA MITOCONDRIAL INTERNA. UMA VEZ DENTRO DA MITOCÔNDRIA, É CONVERTIDO NOVAMENTE EM *ACIL-COA* GRAXO, ASSIM FICANDO DISPONÍVEL PARA A B OXIDAÇÃO.

A *ACIL-COA* PRESENTE NA MATRIZ MITOCONDRIAL É OXIDADA POR UMA VIA DENOMINADA *B OXIDAÇÃO*, PORQUE PROMOVE A OXIDAÇÃO DO CARBONO *B* DO ÁCIDO GRAXO. ESTA VIA CONSTA DE UMA SÉRIE CÍCLICA DE QUATRO REAÇÕES, AO FINAL DAS QUAIS A *ACIL-COA* É ENCURTADA DE DOIS CARBONOS, QUE SÃO LIBERADOS SOB A FORMA DE *ACETIL-COA*, COM PRODUÇÃO DE *FADH₂* E *NADH*.

METABOLISMO DE AMINOÁCIDOS

AS PROTEÍNAS, COMO OS DEMAIS COMPOSTOS CONSTITUINTES DE UM ORGANISMO, NÃO SÃO PERMANENTES, ESTANDO EM CONTÍNUO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO E SÍNTESE. ESTIMA-SE QUE, EM UM SER HUMANO ADULTO COM UMA DIETA ADEQUADA, HAJA UMA RENOVAÇÃO DE APROXIMADAMENTE 400G DE PROTEÍNAS POR DIA. EM QUALQUER INSTANTE DESTE PERÍODO, DETERMINADAS PROTEÍNAS ESTÃO SENDO DEGRADADAS E OUTRAS TANTAS ESTÃO SENDO SINTETIZADAS.

O CONJUNTO DE AMINOÁCIDOS PRESENTE NAS CÉLULAS ANIMAIS ORIGINA-SE DAS PROTEÍNAS EXÓGENAS (AS DA DIETA, HIDROLISADAS NO TRATO DIGESTÓRIO) E DAS PROTEÍNAS ENDÓGENAS (HIDROLISADAS INTRACELULARMENTE). O CONJUNTO DE AMINOÁCIDOS É UTILIZADO PARA A SÍNTESE DE PROTEÍNAS E DE OUTRAS MOLÉCULAS QUE CONTENHAM NITROGÊNIO. OS AMINOÁCIDOS SÃO PRECURSORES DE TODOS OS COMPOSTOS

NITROGENADOS NÃO PROTEICOS, QUE INCLUEM AS BASES NITROGENADAS DOS NUCLEOTÍDIOS, OS LIPÍDIOS E OS POLISSACARÍDIOS QUE CONTÊM NITROGÊNIO, AS AMINAS E SEUS DERIVADOS. A QUASE TOTALIDADE DOS SERES VIVOS É INCAPAZ DE ARMAZENAR AMINOÁCIDOS OU PROTEÍNAS E, CONSEQUENTEMENTE, SATISFEITAS AS NECESSIDADES DE SÍNTESE, OS AMINOÁCIDOS EXCEDENTES SÃO OXIDADOS.

A OXIDAÇÃO DE AMINOÁCIDOS NÃO É EFETUADA POR UMA VIA ÚNICA. COMO OS AMINOÁCIDOS SÃO CONSTITUÍDOS POR CADEIAS LATERAIS COM ESTRUTURAS VARIADAS, SUA OXIDAÇÃO PROCESSA-SE POR VIAS VARIADAS. NA OXIDAÇÃO DE TODOS ELES INICIALMENTE HÁ REMOÇÃO DO GRUPO AMINO E, A SEGUIR, OXIDAÇÃO DA CADEIA CARBÔNICA REMANESCENTE. NOS MAMÍFEROS, O GRUPO AMINO É CONVERTIDO À UREIA E AS 20 CADEIAS CARBÔNICAS RESULTANTES SÃO CONVERTIDAS A COMPOSTOS COMUNS AO METABOLISMO DE CARBOIDRATOS E LIPÍDIOS.

O GRUPO AMINO DA MAIORIA DOS AMINOÁCIDOS É RETIRADO POR UM PROCESSO COMUM, QUE CONSISTE NA TRANSFERÊNCIA DESTES GRUPO PARA O A-CETOGLUTARATO, FORMANDO GLUTAMATO; A CADEIA CARBÔNICA DO AMINOÁCIDO É CONVERTIDA AO A-CETOÁCIDO.

ESTE TIPO DE REAÇÃO É CATALISADA POR *AMINOTRANSFERASES*, TAMBÉM CHAMADA *TRANSAMINASE*, ENZIMAS PRESENTES NO CITOSSOL E NA MITOCÔNDRIA E QUE TÊM COMO COENZIMA PIRIDOXAL-FOSFATO. ESTA COENZIMA PARTICIPA DE DIVERSAS OUTRAS REAÇÕES DO METABOLISMO DE AMINOÁCIDOS E É DERIVADA DA VITAMINA B₆.

O GLUTAMATO FORMADO SEGUE DOIS CAMINHOS IMPORTANTES: UMA NOVA TRANSAMINAÇÃO OU UMA DESAMINAÇÃO.

POR AÇÃO DA *ASPARTATO AMINOTRANSFERASES*, O GRUPO AMINO DO GLUTAMATO É TRANSFERIDO PARA O OXALOACETATO, FORMANDO ASPARTATO.

A DESAMINAÇÃO DO GLUTAMATO LIBERA SEU GRUPO AMINO COMO NH₃(AMÔNIA), QUE SE CONVERTE EM NH₄⁺ (ÍON AMÔNIO) NO PH FISIOLÓGICO. ESTA REAÇÃO É CATALISADA PELA *GLUTAMATO DESIDROGENASE*, UMA ENZIMA MITOCONDRIAL, ENCONTRADA PRINCIPALMENTE NO FÍGADO, QUE É UM EXEMPLO RARO DE ENZIMA QUE UTILIZA NAD⁺ OU NADP⁺ COMO COENZIMA.

A AÇÃO COMBINADA DAS AMINOTRANSFERASES E DA GLUTAMATO DESIDROGENASE RESULTA NA CONVERGÊNCIA DO GRUPO AMINO NA MAIORIA DOS AMINOÁCIDOS PARA DOIS COMPOSTOS ÚNICOS: NH₄⁺ E ASPARTATO.

CONCLUINDO, NA DEGRADAÇÃO DOS 20 AMINOÁCIDOS, O GRUPO AMINO É CONVERTIDO FINALMENTE EM NH₄⁺ E ASPARTATO, OS PRECURSORES DA UREIA.

REMOVEDO O GRUPO AMINO DO AMINOÁCIDO, RESTA SUA CADEIA CARBÔNICA, NA FORMA DE A-CETOÁCIDO. AS VINTE CADEIAS CARBÔNICAS DIFERENTES SÃO OXIDADAS POR VIAS PRÓPRIAS QUE CONVERGEM PARA A PRODUÇÃO DE APENAS ALGUNS COMPOSTOS: *PIRUVATO*, *ACETIL-COA* OU *INTERMEDIÁRIOS DO CICLO DE KREBS*.

O DESTINO FINAL DOS A-CETOÁCIDOS, QUE DEPENDERÁ DO TECIDO E DO ESTADO FISIOLÓGICO CONSIDERADOS, PODERÁ SER: OXIDAÇÃO PELO CICLO DE KREBS, FORNECENDO ENERGIA; UTILIZAÇÃO PELA GLICONEOGÊNESE, PARA A PRODUÇÃO DE GLICOSE, E CONVERSÃO A TRIACILGLICERÓIS E ARMAZENAMENTO.

NUTRIÇÃO: OS SUBSTRATOS PARA AS VIAS METABÓLICAS

OS ALIMENTOS INGERIDOS, APÓS DIGESTÃO E ABSORÇÃO, ORIGINAM UMA GRANDE DIVERSIDADE DE SUBSTÂNCIAS QUE SÃO DISTRIBUÍDAS ÀS CÉLULAS, FORNECENDO OS SUBSTRATOS DAS VIAS METABÓLICAS OXIDATIVAS E BIOSINTÉTICAS, ALÉM DE VITAMINAS E SAIS MINERAIS. O FUNCIONAMENTO GLOBAL DO ORGANISMO DEPENDE DA QUANTIDADE E DA QUALIDADE DOS NUTRIENTES INGERIDOS.

AS PROTEÍNAS CONSTITUINTES DOS ORGANISMOS, QUAISQUER QUE SEJAM AS SUAS FUNÇÕES, ESTÃO SEMPRE SENDO DEGRADADAS E SINTETIZADAS. A RECICLAGEM DE PROTEÍNAS ALIMENTA E UTILIZA UM CONJUNTO DE AMINOÁCIDOS, QUE DEVE SER ENTENDIDO NÃO COMO UM RESERVATÓRIO ESTÁTICO, MAS COMO MOLÉCULAS “EM TRÂNSITO” ENTRE OS PROCESSOS DE SÍNTESE E DEGRADAÇÃO. ESTE CONJUNTO PRECISA SER CONTINUAMENTE SUPRIDO POR AMINOÁCIDOS EXÓGENOS.

AS PROTEÍNAS DOS ALIMENTOS SÃO DIGERIDAS E SEUS AMINOÁCIDOS SÃO TRANSPORTADOS PARA AS CÉLULAS. A DIGESTÃO É OBTIDA POR HIDRÓLISE CATALISADA POR ENZIMAS PROTEOLÍTICAS PRESENTES NO TRATO DIGESTÓRIO, INICIANDO-SE NO ESTÔMAGO E COMPLETANDO-SE NO INTESTINO DELGADO. OS AMINOÁCIDOS RESULTANTES SÃO ABSORVIDOS PELA MUCOSA INTESTINAL E DISTRIBUÍDOS PARA OS TECIDOS, QUE, PORTANTO, RECEBEM UM CONJUNTO DE AMINOÁCIDOS CUJA COMPOSIÇÃO VARIA DE ACORDO COM AS PROTEÍNAS DA ALIMENTAÇÃO.

UM DOS PARÂMETROS A SER CONSIDERADO QUANDO SE AVALIA A IMPORTÂNCIA DE UM ALIMENTO COMO FONTE DE PROTEÍNA É O SEU CONTEÚDO PROTEICO, GERALMENTE EXPRESSO EM GRAMAS DE PROTEÍNA POR 100G DE ALIMENTO (%). OS ALIMENTOS MAIS RICOS EM PROTEÍNA SÃO AS CARNES E OS PRODUTOS DERIVADOS DE ANIMAIS, COMO LATICÍNIOS E OVOS, QUE CHEGAM A CONTER DE 10 A 100 VEZES MAIS PROTEÍNA QUE OS ALIMENTOS VEGETAIS.

A MAIOR PARTE DOS CARBOIDRATOS DA DIETA DEVE SER CONSTITUÍDA POR POLISSACARÍDIOS, COMO O AMIDO; AÇÚCARES, COMO A SACAROSE, DEVEM COMPOR UMA FRAÇÃO MENOR. O AMIDO É ENCONTRADO

PRINCIPALMENTE EM CEREAIS E SEUS DERIVADOS (PÃES, MASSAS), RAÍZES E TUBÉRCULOS (MANDIOCA, BATATA), E A SACAROSE, EM ALIMENTOS DOCES, MEL ETC.

UMA MAIOR INGESTÃO DE AÇÚCARES, EM RELAÇÃO A POLISSACARÍDIOS, DETERMINA AUMENTO DOS NÍVEIS PLASMÁTICOS DE TRIACILGLICERÓIS E REDUÇÃO DAQUELES DE HDL-COLESTEROL, RESULTANDO EM MAIOR RISCO DE OCORRÊNCIA DE DOENÇAS CARDIOVASCULARES. ESTAS ALTERAÇÕES SÃO ATENUADAS PELA PRESENÇA DE POLISSACARÍDIOS NÃO DIGERÍVEIS NA DIETA. ADICIONALMENTE, OS ALIMENTOS RICOS EM AÇÚCARES SÃO, NA MAIORIA DAS VEZES, POBRES EM NUTRIENTES ESSENCIAIS.

ALGUNS POLISSACARÍDIOS PRESENTES NOS ALIMENTOS NÃO SÃO UTILIZADOS PELOS SERES HUMANOS COMO FONTE DE ENERGIA: SÃO COMPONENTES DAS *FIBRAS DIETÉTICAS*.

O TERMO *FIBRA DIETÉTICA* REFERE-SE A COMPONENTES DOS ALIMENTOS QUE SEJAM RESISTENTES À HIDRÓLISE PELAS ENZIMAS DIGESTIVAS DO ESTÔMAGO E INTESTINO DELGADO DOS SERES HUMANOS E QUE SOFRAM FERMENTAÇÃO DE GRAU VARIADO PELOS MICRORGANISMOS PRESENTES NO INTESTINO GROSSO. INCLUEM OS COMPOSTOS ESTRUTURAIIS PRESENTES NAS PARTES COMESTÍVEIS DE VEGETAIS, EM GERAL POLISSACARÍDIOS, DOS QUAIS O PRINCIPAL É A CELULOSE E OLIGOSSACARÍDIOS OBTIDOS INDUSTRIALMENTE, COMO A INSULINA, COMPOSTA POR UNIDADES DE FRUTOSE E GLICOSE.

AS FIBRAS DIETÉTICAS SÃO CLASSIFICADAS, DE ACORDO COM A SUA SOLUBILIDADE EM ÁGUA, EM DOIS TIPOS: SOLÚVEIS E INSOLÚVEIS.

AS *FIBRAS SOLÚVEIS* SÃO CONSTITUÍDAS POR HETEROPOLISSACARÍDIOS RAMIFICADOS, COMO AS PECTINAS, GOMAS E MUCILAGENS. DETERMINAM UM AUMENTO DA VISCOSIDADE DO CONTEÚDO DO INTESTINO DELGADO E SÃO EXTENSAMENTE FERMENTADAS POR BACTÉRIAS DURANTE O TRÂNSITO PELO INTESTINO GROSSO. FONTES IMPORTANTES DE FIBRAS SOLÚVEIS SÃO: POLPA DE FRUTAS, LEGUMES, AVEIA, CEVADA, MILHO, LENTILHA, FEIJÕES E OUTRAS LEGUMINOSAS.

AS *FIBRAS INSOLÚVEIS*, DAS QUAIS A MAIS ABUNDANTE É A CELULOSE, SÃO MAIS RESISTENTES À FERMENTAÇÃO NO INTESTINO GROSSO. SÃO ENCONTRADAS EM CEREAIS INTEGRAIS E ALIMENTOS DELES DERIVADOS, E EM LEGUMINOSAS, LEGUMES, VERDURAS, FRUTAS E SEMENTES EM GERAL.

O CONSUMO DE FIBRAS, SOBRETUDO FIBRAS SOLÚVEIS, DIMINUI OS NÍVEIS DE COLESTEROL PLASMÁTICO. AS FIBRAS VISCOSAS REDUZEM O AUMENTO PÓS-PRANDIAL DE GLICOSE NO SANGUE, POR RETARDAREM O ESVAZIAMENTO GÁSTRICO E A ABSORÇÃO INTESTINAL DE GLICOSE. SÃO, POR ISTO, RECOMENDADAS PARA INDIVÍDUOS DIABÉTICOS, QUE PASSAM A NECESSITAR DE DOSES MENORES DE INSULINA PARA O CONTROLE DE GLICEMIA.

FIBRAS QUE SÃO INCOMPLETAS OU LENTAMENTE FERMENTADAS PELA MICROFLORA NO INTESTINO GROSSO PRINCIPALMENTE FIBRAS INSOLÚVEIS, COMO A CELULOSE PROMOVEM AUMENTO DA MASSA FECAL, O QUE ESTIMULA O PERISTALTISMO E ACELERA O TRÂNSITO INTESTINAL. ESTE TIPO DE FIBRA DEVE COMPOR DIETAS PARA PREVENIR OU TRATAR A CONSTIPAÇÃO INTESTINAL E O DESENVOLVIMENTO DE HEMORRÓIDAS, DIVERTICULOSE E DIVERTICULITE.

OS LIPÍDIOS MAIS ABUNDANTES NOS ALIMENTOS SÃO OS TRIACILGLICERÓIS, CONSTITUINTES DOS ÓLEOS E DAS GORDURAS. DO PONTO DE VISTA DO FORNECIMENTO DE ENERGIA, SÃO COMPOSTOS DISPENSÁVEIS, PODENDO SER SUBSTITUÍDOS POR CARBOIDRATOS; POR OUTRO LADO, SÃO IMPRESCINDÍVEIS POR CONTEREM OS *ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS* E POR SEREM O VEÍCULO PARA A ABSORÇÃO DAS *VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS*. DOIS *ÁCIDOS GRAXOS* SÃO CONSIDERADOS ESSENCIAIS PARA O ORGANISMO HUMANO: *LINOLEICO* E *A-LINOLÊNICO*. OS *ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS* TÊM PAPEL FUNDAMENTAL NO CRESCIMENTO NORMAL E NO FUNCIONAMENTO ADEQUADO DO ORGANISMO, EM ESPECIAL DO SISTEMA NERVOSO.

PARA SATISFAZER AS NECESSIDADES DE *ÁCIDOS GRAXOS ESSENCIAIS*, SÃO RECOMENDADOS OS ÓLEOS VEGETAIS, QUE TÊM ALTO CONTEÚDO DE *ÁCIDOS GRAXOS POLI-INSATURADOS*. AS GORDURAS DE ORIGEM ANIMAL SÃO, EM GERAL, MUITO MAIS RICAS EM *ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS* DO QUE AQUELAS DE FONTES VEGETAIS. O ÓLEO DE COCO, DE ALGUMAS PALMEIRAS TROPICAIS E DE CACAU SÃO EXEMPLOS RAROS DE ÓLEOS VEGETAIS RICOS EM *ÁCIDOS GRAXOS SATURADOS*.

ALÉM DOS MACRONUTRIENTES CARBOIDRATOS, LIPÍDIOS E PROTEÍNAS OS SERES HUMANOS DEPENDEM DA INGESTÃO DE PEQUENAS QUANTIDADES DE VITAMINAS E ÍONS INORGÂNICOS, DENOMINADOS *MICRONUTRIENTES*.

AS VITAMINAS NÃO SÃO ESTOCADAS EM NÍVEIS APRECIÁVEIS, DEVENDO, PORTANTO, SER SUPRIDAS CONTINUAMENTE PELA DIETA. SÃO CLASSIFICADAS EM DOIS GRANDES GRUPOS, SEGUNDO SUAS CARACTERÍSTICAS DE SOLUBILIDADE.

AS *VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS* INCLUEM AS VITAMINAS DO COMPLEXO B E A VITAMINA C. EVENTUAIS EXCESSOS DE VITAMINAS HIDROSSOLÚVEIS SÃO EXCRETADOS NA URINA E RARAMENTE PROVOCAM EFEITOS COLATERAIS. AS *VITAMINAS LIPOSSOLÚVEIS* (A,D,E E K) SÃO ELIMINADAS MAIS LENTAMENTE E A INGESTÃO AUMENTADA PODE OCASIONAR EFEITOS DANOSOS, PARTICULARMENTE NO CASO DAS VITAMINAS A E D. OCORREM EM ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL, INCLUINDO ÓLEOS, OU ALIMENTOS ANIMAIS RICOS EM GORDURA; SÃO ABSORVIDAS NO INTESTINO DELGADO JUNTAMENTE COM OS LIPÍDIOS. A VITAMINA K, POR EXEMPLO, PARTICIPA COMO COFATOR DE REAÇÕES DE CARBOXILAÇÃO DE RESÍDUOS DE GLUTAMATO DE VÁRIAS PROTEÍNAS, DENTRE AS QUAIS OS FATORES RESPONSÁVEIS PELA COAGULAÇÃO SANGUÍNEA. A VITAMINA A, OBTIDA PRINCIPALMENTE A PARTIR DE CAROTENOIDES VEGETAIS, ESTÁ ENVOLVIDA NAS REAÇÕES DA VISÃO E NO

CRESCIMENTO E DIFERENCIAÇÃO CELULAR. ALÉM DA VITAMINA E, OS CAROTENOIDES E AS VITAMINAS A E C TAMBÉM AGEM COMO ANTIOXIDANTES, BLOQUEANDO A AÇÃO LESIVA DE RADICAIS LIVRES SOBRE AS ESTRUTURAS CELULARES.

OS ÍONS, TAMBÉM CHAMADOS DE *NUTRIENTES INORGÂNICOS OU MINERAIS*, ALÉM DE ATUAREM COMO COFADORES ENZIMÁTICOS, PARTICIPAM DE INÚMEROS PROCESSOS IMPORTANTES: SÃO RESPONSÁVEIS PELA DUREZA DE CERTAS ESTRUTURAS, COMO OSSOS E DENTES.

9. PESSOA de CARVALHO, A. M.; GIL-PEREZ, D. (2001). *Formação de professores de ciências*. 9. ed. São Paulo: Ed Cortez, 2009 (Questões da nossa época, 26).

INTRODUÇÃO

O estudo faz parte do projeto Ensino de Ciências e Matemática, promovido pela Organização dos Estados Ibero-Americanos para a Educação, Ciência e Cultura.

A obra apresenta as tendências de experiências inovadoras para o campo das Ciências, e está dividida em duas partes. Na primeira são fundamentadas em capítulos específicos, as necessidades formativas do professor a partir do corpo de conhecimentos que a pesquisa didática vem construindo. A segunda parte está centrada na formação em si de professores de Ciências. Ao final são apresentados dois exemplos (anexos) de programas aplicados com intuito de fundamentar a construção de propostas alternativas baseadas nas orientações construtivistas.

PARTE I – NECESSIDADES FORMATIVAS DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS

Capítulo 1 – A ruptura com visões simplistas sobre o ensino de ciências

Os professores apresentam pouca familiaridade com as contribuições da pesquisa e inovações didáticas, além de uma concepção de ensino como algo simples em que basta apenas um bom conhecimento da matéria e alguma prática. Esses fatores demonstram a necessidade de uma formação adequada, e apontam um desconhecimento dos professores sobre suas insuficiências.

Os autores indicam como solução o uso das orientações construtivistas, com a abordagem centrada na aprendizagem dos alunos, no tratamento de situações problemáticas abertas, na formação e intercâmbio de grupos cooperativo que em conjunto podem resultar em uma efetiva formação dos professores.

Estas orientações, quando aplicadas em uma perspectiva de um trabalho de (auto) formação, recolhem um grande número de conhecimentos que a pesquisa aponta como necessários afastando assim a visão simplista do ensino de Ciências. Desta forma, trata-se de orientar um trabalho de formação de professores como uma pesquisa dirigida para a transformação de suas concepções iniciais que não se tratam de incapacidades.

Os autores insistem que o trabalho com grupos de professores realizado coletivamente permitem grandes contribuições destes sobre o que se deve “saber” e “saber fazer” para ministrar uma docência de qualidade. A partir da análise da pesquisa sobre a didática das Ciências, ao longo das duas últimas décadas, os autores apresentam uma proposta com 8 itens que em resumo transmitem uma ideia de aprendizagem como construção de conhecimentos com características de uma pesquisa científica e por outro lado na necessidade de transformar o pensamento espontâneo do professor.

A preocupação com o processo ensino/aprendizagem é uma questão antiga, evidenciada por exemplo na realização em 1987 no Simpósio promovido pela National Association for Research in Science Teaching (Washington, DC). No entanto a maioria dos trabalhos centravam-se nas características do bom professor. Atualmente a questão se coloca sob quais são os conhecimentos que os professores precisam adquirir.

“O trabalho docente é, ou melhor, não deveria ser uma tarefa isolada, e nenhum professor deve se sentir vencido por um conjunto de saberes que, com certeza, ultrapassam as possibilidades de um ser humano. O essencial é que possa ter-se um trabalho coletivo em todo o processo de ensino/aprendizagem: da preparação das aulas até a avaliação.” Carvalho; Gil, 2009.

Desta forma os autores evidenciam a complexidade da atividade docente, entretanto, esta não deve ser fator desestimulante, mas sim um convite para romper antigos padrões de inercia e monotonia para dar lugar a um trabalho de inovação, pesquisa e formação permanente.

Capítulo 2 – Conhecer a matéria a ser ensinada

É consenso a importância concedida a um bom conhecimento da matéria a ser ensinada. Tobin e Espinet (1989) apud Carvalho 2009, realizando um trabalho de tutoria e assessoramento a professores de Ciências verificaram que “uma falta de conhecimentos científicos constitui a principal dificuldade para que os professores afetados se envolvam em atividades inovadoras”. Assim, todos os trabalhos evidenciam que uma carência de conhecimentos da matéria, podem transformar o professor em um mero transmissor de conteúdos.

Conhecer o conteúdo da disciplina, embora seja algo aparentemente claro e homogêneo, implica em conhecimentos profissionais divergentes que vão além do que habitualmente se contempla em cursos universitários e inclui: a) conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos; b) conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos; c) conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade; d) ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas; e) saber selecionar conteúdos adequados; f) estar preparado para adquirir novos conhecimentos em função das mudanças curriculares, avanços científicos, das questões propostas pelos alunos, etc.

Em resumo, um bom domínio da matéria deve considerar como fundamental partir de um ponto de vista didático.

Capítulo 3 – Questionar as ideias docentes de “senso comum” sobre o ensino aprendizagem das ciências

Ênfase na necessidade de se conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo ou pensamento docente de senso comum. A formação “ambiental”, fruto de experiências reiteradas, não reflexivas, óbvias, de “senso comum”, adquirida ao longo dos anos em que os professores eram alunos, torna-se um grande obstáculo, pois bloqueia a capacidade de renovação do ensino. Os autores constatam ausência, na prática, de referências a este aspecto mesmo entre grupos de professores mais produtivos. Porém se colocada explicitamente, evoca a tomada de consciência da importância dessa situação.

Exemplos de aspectos a serem questionados no pensamento e comportamento docente espontâneo dos professores de Ciências: a) a visão simplista do que é a Ciência e o trabalho científico; b) a redução habitual do aprendizado das Ciências a certos conhecimentos e algumas destrezas sem contemplar os aspectos históricos, sociais etc.; c) o caráter natural atribuído ao fracasso generalizado nas disciplinas científicas – caracterização de alunos ditos “espertos” e “mediócras”; d) a atribuição de atitudes negativas em relação à Ciência e sua aprendizagem às causas externas; e) o autoritarismo da organização escolar X o simples “laissez-faire”; f) o clima de frustração associado à atividade docente, bem como a ideia oposta de um ensino capaz por si só de mudar o mundo; g) a ideia de que ensinar é “fácil”, como se tivesse uma receita adequada.

As deficiências constatadas na formação de professores não constituem obstáculos intransponíveis. Podem ser superadas através de uma *mudança didática* que conduza aos professores a modificarem suas perspectivas e ampliem seus recursos. Considerar as concepções espontâneas como hipóteses de trabalho e não como evidências inquestionáveis, torna a atividade docente um trabalho criativo de pesquisa e inovação.

Capítulo 4 – Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências

A “transformação” do modelo tradicional exige um conhecimento claro de suas deficiências para que modelos alternativos sejam propostos e se tornem igualmente coerentes e em geral mais eficientes. A fundamentação teórica é exigência básica na formação dos professores. Muitas vezes são rejeitados, por exemplo, os conhecimentos de Psicologia da aprendizagem, e a influência dos aspectos afetivo, motivacionais, e etc. Porém há uma tendência favorável, às pesquisas realizadas em torno das pré-concepções dos alunos ou pelas propostas construtivistas.

Essa rejeição, segundo os autores, é aparente e justifica-se pela presença de conhecimentos teóricos desligados da própria matéria que não se conectam claramente com os problemas percebidos pelos próprios professores. O favorecimento de um trabalho colaborativo faz com que as contribuições teóricas sejam corretamente valorizadas.

Este capítulo reforça a ideia da importância da formação teórica dos professores através da (re)construção de conhecimentos específicos em torno do processo ensino-

aprendizagem das Ciências integrados coerentemente. São apresentadas assim um resumo sobre alguns conhecimentos teóricos que fundamentam as propostas construtivistas emergentes conforme segue: a) Reconhecer a existência das concepções espontâneas; b) Saber que os alunos aprendem significativamente construindo conhecimentos; c) Propor a aprendizagem a partir de situações problemáticas de interesse dos alunos; d) Conhecer o caráter social da construção dos conhecimentos científicos e saber organizar a aprendizagem através de grupos cooperativos; e) Conhecer a importância dos aspectos afetivos e motivacionais, a nível das complexas interações Ciência/Tecnologia/Sociedade – C/T/S, ou seja, reconhecer a importância do ambiente escolar, o compromisso pessoal do professor com o progresso dos alunos e etc.

Vale ressaltar que o modelo construtivista emergente concretiza-se em torno de três elementos básicos: os programas de atividades, o trabalho em pequenos grupos e o intercâmbio entre os referidos grupos e a comunidade científica, denominada por Weatley (1991) de “construtivismo radical”. A aprendizagem das Ciências, neste caso, é vista como uma atividade próxima à pesquisa. Assim é determinante: a existência de equipes de especialistas capazes de formar novas gerações de pesquisadores, de transmitir expectativas positivas e sua fascinação pela tarefa, bem como de facilitar o intercâmbio entre equipes, ou seja, um clima social que valorize a pesquisa.

Capítulo 5 – Saber analisar criticamente o “ensino tradicional”

O ensino tradicional, embora seja extremamente criticado, está profundamente impregnado na atuação docente que durante muitos anos. Foram os alunos que acompanharam as atuações de seus professores. Os autores conceituam esse processo como uma formação ambiental ou “natural”, de grande peso por seu caráter reiterativo e por não estar submetida a uma crítica explícita, uma vez que não chega a ser questionada efetivamente.

Propor uma mudança didática, consciente dessa formação ambiental, não é algo fácil e exige uma atenção contínua até tornar natural a revisão do que se considera óbvio na atividade educativa.

O peso da formação docente ambiental pode ser verificado ao se solicitar aos professores uma análise crítica de materiais didáticos concretos. Observa-se que os professores limitam-se a assinalar questões de detalhes, sem questionar as orientações didáticas fundamentais. Esses resultados mostram o peso do ensino tradicional em sua própria ação. A docência, por ser vista de forma unilateral, deixa os professores sem alternativa, por isso a conduta tradicional continua sendo utilizada mesmo quando rejeitada pelos alunos.

A proposta de uma formação docente como mudança didática deve permitir a identificação das insuficiências da formação ambiental e ao mesmo tempo oferecer alternativas realmente viáveis.

Saber analisar criticamente o ensino habitual permite a conhecer as limitações: a) Dos currículos habituais (enciclopédicos e reducionistas); b) Da forma de introduzir os conhecimentos; c) Dos trabalhos práticos; d) Dos problemas propostos; e) Das formas de avaliação; f) Das formas de organização escolar distantes de um trabalho de pesquisa coletivo.

Capítulo 6 – Saber preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva

Dentro do modelo construtivista, Driver e Oldham (1986) concebem o currículo como um programa de atividades através das quais conhecimentos e habilidades possam ser construídos e adquiridos. Assim saber preparar um programa de atividades transforma-se em prioridade na formação de professores e não deve se tratar de esquemas rígidos nem tão pouco elaborados ao acaso.

Os autores citam o trabalho realizado por Driver (Driver, 1986 apud Carvalho; GIL, 2009) e sua equipe, que ajusta os programas de atividades na seguinte estratégia: 1) identificação das ideias dos alunos; 2) colocar em questão as referidas ideias mediante contra-exemplos; 3) invenção ou introdução de novos conceitos; 4) utilização das novas ideias em diversos contextos.

Os autores sugerem aprofundamento dessa estratégia para torná-la mais coerente. Neste caso, a fase inicial consiste em dar um sentido de interesse preliminar a tarefa. O desenvolvimento de um tema passa a ser visto então como o tratamento de uma problemática, que conduza à formulação de hipóteses (sem ser uma opinião pessoal) que focalizem o estudo a se realizar. Em consequência, ocorre de forma sistemática a elaboração

de estratégias de resoluções. Na análise dos resultados podem ser construídas novas hipóteses que permitem a (re)construção de concepções científicas.

Os autores fazem referência a atividades denominadas “recapitulação e perspectivas” que deveriam conduzir a elaboração de produtos, como artigos, cartazes, esquemas e mapas conceituais, uso de computadores para consolidar uma visão global de base na relação Ciência/Tecnologia/Sociedade, bem como da história das Ciências para contextualizar os conhecimentos científicos.

Resumidamente as estratégias de ensino para uma aprendizagem como pesquisas contemplam: 1) propor situações problemáticas que gerem interesse e proporcionem uma concepção preliminar da tarefa; 2) Estudo qualitativo das situações problemáticas; 3) Orientar o tratamento científico dos problemas (invenção de conceitos, elaboração de hipóteses e estratégias, resolução e análise dos resultados); 4) Colocar a manipulação reiterada dos novos conhecimentos em uma variedade de situações. Favorecer especialmente as atividades de síntese e elaboração de produtos e a concepção de novos problemas.

A aplicação dessa estrutura no treinamento dos professores é complexa, segundo os autores, com possibilidade de se pensar apenas em uma iniciação, pois exige um constante trabalho de pesquisa pelos docentes. Assim um programa-guia seria ideal por permitir sempre uma (re)elaboração, remodelações, retoques e novas contribuições da pesquisa didática.

Capítulo 7 – Saber dirigir o trabalho dos alunos

Faz-se necessária uma mudança na apreciação do trabalho do professor que vai além do ato de ministrar aulas. Exige um trabalho coletivo de inovação e pesquisa. Segundo os autores, orientar a aprendizagem como uma pesquisa, introduz mudanças profundas no papel do professor e novas exigências formativas. Estas incluem: a) Apresentar adequadamente as atividades para uma concepção global da tarefa; b) Dirigir de forma ordenada as atividades de aprendizagem; c) Sintetizar e reformular as tarefas para valorizar as contribuições dos alunos; d) Facilitar informações em momento oportuno para que alunos apreciem a validade de seus trabalhos; e) Manter clima de cordialidade e aceitação para o bom funcionamento da disciplina e da aula; f) Estabelecer formas de organização para interações frutíferas entre aula,

escola e meio exterior; g) Saber agir para dirigir os “pesquisadores iniciantes” transmitindo seu interesse enquanto professor pela tarefa e pelos avanços de cada aluno.

O professor modifica seu papel deixando de ser um mero transmissor de conhecimentos para se tornar um diretor/orientador de grupos de pesquisa. Nesta proposta os professores multiplicam suas tarefas.

Capítulo 8 – Saber avaliar

A avaliação constitui-se em um dos aspectos que mais necessita de uma mudança didática no processo ensino-aprendizagem. O relato dos autores segue através do resultado encontrado em numerosos cursos e seminários para professores em formação inicial ou permanente, onde foi aplicada uma única e simples atividade de avaliação. Essa consistia em que cada participante avaliasse um mesmo exercício, porém apresentados de forma a caracterizar de maneira subliminar no meio de cada cópia, um aluno considerado “brilhante” e outra metade um aluno considerado “mediocre”, tendo o primeiro obtido nota superior em cerca de dois pontos à do segundo (outros exemplos em Estudo de Spears (1984), que mostra como um mesmo exercício é valorizado sistematicamente de forma mais baixa quando atribuída a uma aluna que a um aluno; efeito “pigmaleão” que diferencia os alunos brilhantes que só o são, graças ao impulso e auxílio recebidos.

Esses exemplos evidenciam até que ponto as valorizações estão submetidas a amplíssimas margens de incerteza e como também afetam aquilo que se pretende medir, contribuindo para reforçar preconceitos e atitudes mais negativas com relação à aprendizagem das matérias.

Os professores possuem algumas ideias (concepções espontâneas) sobre os processos avaliativos, como por exemplo: é fácil avaliar as matérias científicas com objetividade e precisão; o fracasso de alguns alunos é inevitável, pois as ciências não estão ao alcance de todos; o fracasso é atribuído a fatores externos à escola; uma prova bem elaborada deve ser discriminatória – distribuição de notas tipo gaussiano, centrada no “cinco”; a função da avaliação é medir a capacidade e o aproveitamento dos alunos para promoções e seleções.

A partir dessa análise é possível realizar questionamentos nas funções e formas de avaliação de forma coerente com o âmbito construtivista. Nesta concepção é preciso: a)

conceber a avaliação como instrumento de *feedback*; b) ampliar o conceito e a prática da avaliação, superando a habitual limitação a rememoração repetitiva de conteúdos conceituais; c) introduzir formas de avaliação da própria atividade docente.

Não há funcionalidade em uma avaliação baseada apenas no julgamento objetivo. O professor deve transmitir seu interesse no progresso dos alunos. É preciso estender a avaliação para todos os aspectos (conceituais, procedimentos e atitudes) para além da rememoração repetitiva de conhecimentos teóricos e exercícios com lápis e papel, para se tornar efetivamente um instrumento e melhoria de ensino.

Capítulo 9 – Adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática

É preciso que o professor examine criticamente as implicações da pesquisa dentro de suas atividades, não sendo esta uma opção, mas uma recomendação de décadas, por exemplo, apresentada na Conferência Internacional da Instrução Pública de 1958, bem como na ideia da ação/pesquisa (*action/research*) que remonta aos anos 40. A associação da atividade docente à pesquisa, embora recomendada há tempos, provocou polêmicas e rejeições ao considerar que a pesquisa não é uma função específica do professor, cujo dever é apenas ensinar bem os alunos.

O reconhecimento das limitações de um ensino por transmissão de conhecimentos, aliado às orientações construtivistas, propõe uma nova visão de inserção também da pesquisa na formação do professor (se o professor não possui uma vivência investigativa, jamais poderá orientar a aprendizagem como uma construção de conhecimentos científicos). Considerar a atividade do professor rica e complexa, aberta e criativa, leva a defini-la como um processo de pesquisa a ser realizado por equipes docentes.

PARTE II – ANÁLISE CRÍTICA DA FORMAÇÃO ATUAL DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS E PROPOSTAS DE REESTRUTURAÇÃO

Capítulo 1 – Análise crítica da formação atual dos professores de ciências

A formação de professores de Ciências ocorre de maneira muito diferente na área ibero-americana. Na Argentina é realizada em instituições não universitárias (os “professorados”). Em outros países ocorrem em instituições universitárias específicas (Colômbia, Espanha). Mais comumente ocorre uma preparação científica em faculdades com conteúdos específicos, com alguns complementos de formação profissional docente (França, Estados Unidos, etc.).

A crítica dos autores não se detém a uma formação não universitária dos professores destes níveis, nem tão pouco a uma formação centrada exclusivamente nas matérias científicas básicas (mais frequente), é feita a tendência a contemplar a formação do professor como soma de uma formação científica básica e uma formação psico-sócio-pedagógica geral.

McDermott (1990) identifica que os departamentos de Ciências das universidades americanas não oferecem nenhum curso especial para futuros professores, pois considera que a preparação docente é responsabilidade das escolas ou departamentos de educação. Algumas características que são identificadas como sérios impedimentos, são o formato expositivo das aulas, realização de problemas-padrão (repetitivos), o uso de materiais sofisticados nas práticas de laboratório e um currículo amplo para pouco tempo.

Quanto aos cursos de educação, os autores destacam vários inconvenientes da completa separação entre tais cursos e aqueles centrados nos conteúdos. Estruturar currículos especificamente dirigidos à formação do professor corrobora com o trabalho proposto por McDermott, em que os cursos deveriam enfatizar os conteúdos que o professor deve ensinar. Entretanto para os autores, isso se torna injustificado, uma vez que conteúdos específicos também ocorrem em cursos científicos ministrados em universidades orientadas a formar professores (Colombianas e Espanholas). Assim concluem que a separação não é garantida.

Planejamentos de formação docente totalmente específicos obrigam a uma opção ao final dos estudos de 2º grau prematura, que podem dificultar o acesso à docência de bons candidatos e uma desvalorização dos estudos.

Nem uma formação de soma entre preparação científica e cursos gerais, nem alguns estudos totalmente específicos, segundo os autores são suficientes para a formação eficaz de professores. A proposta dos autores é concebida no capítulo seguinte.

Capítulo 2 – Propostas de reestruturação para os estudos de formação dos professores de ciências

São apresentadas algumas características capazes de reorientar de forma adequada a preparação dos docentes das matérias específicas ministradas de 5ª a 8ª série do 1º grau e do 2º grau. A proposta de estrutura de estudos correspondentes compreende em um *Primeiro Ciclo Universitário do Curso de Graduação* (matérias científicas comuns – duração de 2 a 3 anos); *Segundo Ciclo do Curso de Graduação* (formação docente – currículo: didática específica da matéria articuladora; formação psico-sócio-pedagógica, complementos de formação científica, práticas docentes – mesma duração de qualquer 2º ciclo); ou alternativamente *Curso de Especialização Docente* (Pós-graduação lato sensu); *Formação Permanente*.

Alguns inconvenientes neste tipo de proposta são adiar a formação docente para um segundo ciclo ou equivalente (como se fosse uma opção a mais). Ao deixar a preparação docente apenas para a especialização corre-se o risco de transformá-la em algo breve e de pouca exigência.

A melhor proposta para os autores, no que se refere à estrutura geral da formação inicial dos professores de ciências para a educação secundária, consiste em manter aberto uma via de duplo acesso, onde haja um segundo ciclo no próprio curso de graduação dirigido à docência e estudos de pós-graduação para aqueles que decidirem fazê-lo mais tarde. Conforme segue:

- *Primeiro Ciclo Universitário* (ministrada nas faculdades “clássicas” de Biologia, Física, etc.) comuns para todas as especializações;
- *Segundo Ciclo Universitário* dirigido a Formação de Docentes ou opção por Cursos de Pós-Graduação *lato sensu* ou Especialização Docente (ministrada nas faculdades “clássicas”; integração dos estudos de segundo e terceiro ciclo com Faculdades de Educação ou Institutos de Educação – Departamento de Didática específica responsável pela coordenação geral e práticas docentes; Departamento de Psicologia e Ciências da Educação (matérias psico-sócio-pedagógicas) e Departamento de Matérias Específicas Básicas;
- *Formação Permanente* – aberta a todas as iniciativas que favoreçam a (auto)formação dos professores na ativa.

A tendência atual nos países com sistema educativo mais avançado é estabelecer estruturas de formação permanente e não em ampliar a formação inicial ou “*pre service*”. Isso porque os problemas só adquirem sentido quando o professor entra em contato com eles; as exigências de formação são tão grandes que cobri-las necessitaria de um tempo absurdo, ou serão realizadas de forma superficial; necessita-se da participação continuada em equipes de trabalho para ser efetiva.

Em resumo, a formação de professores de Ciências tende a apoiar-se a uma formação inicial breve e em uma estrutura de formação permanente dos professores em exercício.

Capítulo 3 – A didática das ciências como núcleo articulador

O modelo somatório de saberes acadêmicos, como base da formação dos professores de Ciências, tem como principal obstáculo a falta de integração dos princípios teóricos estudados com a prática docente.

A didática das Ciências é capaz de se tornar esse agente integrador, se reunir uma série de características como: a) Estar dirigida à construção de um corpo teórico de conhecimentos específicos; b) Ser proposta como uma *mudança didática* do pensamento e comportamento docente “espontâneo”; c) Favorecer a vivência de propostas inovadoras para questionamentos críticos que levem a necessidade de inovações didáticas; d) Deverá estruturar-se a fim de incorporar o professor na pesquisa e inovação em didática das Ciências; e) Disciplina de didática específica para facilitar a articulação de conhecimentos (didáticos, psico-sócio-pedagógicos e científicos) com a prática docente - a prática de ensino passa a contemplar também a elaboração de materiais educativos, ou análise dos processos ocorridos na sala de aula - conexão entre pesquisa didática universitária e a problemática da sala de aula de Ciências.

A didática como núcleo articulador da disciplina de Ciências, rompe com a ideia de que ensinar é uma tarefa simples, e introduz novas exigências para a formação inicial e permanente do professor.

ANEXO A – UM EXEMPLO DE CRÍTICA FUNDAMENTADA DO ENSINO HABITUAL E DO PENSAMENTO DOCENTE ESPONTÂNEO, E DE COMO CONSEGUIR A PARTICIPAÇÃO OS PROFESSORES NA CONSTRUÇÃO DE PROPOSTAS ALTERNATIVAS

A didática da resolução de problemas em questão

Os autores descrevem um processo seguido em um seminário sobre a resolução de problemas, apresentado como sessões de trabalho para um número de professores. O intuito é mostrar o questionamento da didática habitual de resolução de problemas para elaboração fundamentada de propostas mais efetivas (abordagem é construtivista).

1. Provocando um questionamento

A ideia é questionar a didática empregada em sala de aula, para percepção das deficiências do ensino habitual da resolução de problemas. Assim é apresentado um exercício ($e = 25 + 40t - 5t^2$) para cálculo do deslocamento de um corpo em um tempo de 5 e 6 segundos. Os resultados dos cálculos dos professores mostram que o objeto percorre em mais tempo, menos distância. Ao refletir criticamente, os professores compreendem que a equação corresponde ao movimento de um objeto que avança com velocidade decrescente até parar e começar a retroceder.

Esta atividade provoca uma tomada de consciência e um debate que permite concluir: a presença do operativismo mecânico da resolução de problemas, carente de significado; um tratamento superficial que não se detém no esclarecimento de conceitos. Em síntese, esta abordagem de problemas, ao invés de aprofundar os conhecimentos, transforma-se em um reforço de erro conceituais e metodológicos.

2. A necessidade de um requestionamento profundo

A atividade propõe um esclarecimento da noção de “problema”. Na definição de Krulik e Rudnik (1980), um problema é uma situação, quantitativa ou não, que pede uma solução para a qual os indivíduos implicados não conhecem meios ou caminhos evidentes para obtê-la. Elshout (1985) desenvolve a ideia de “umbral de problematidade” diferente para cada

pessoa e sobre o qual pode-se considerar que uma situação constitui um verdadeiro problema para as pessoas implicadas.

No ensino habitual os “problemas” são explicados como algo que se sabe fazer, como algo cuja solução se conhece. O professor explica com toda a clareza como fazer, os alunos aprendem e repetem a resolução. Qualquer mudança gera dificuldade e abandono do exercício.

Agir sobre um problema que pode ser resolvido com lápis e papel é diferente de enfrentar autênticos problemas. Neste último caso, a ideia consiste em agir como se fosse uma pesquisa onde são utilizados métodos científicos.

Esta premissa não ocorre em função dos enunciados que incluem dados que respondem concepções indutivistas que orientam para a manipulação de certas magnitudes sem que isso responda a uma reflexão qualitativa nem às subseqüentes hipóteses. A superação desta situação aponta a possibilidade de eliminar dados e precisões dos enunciados habituais e construir enunciados mais abertos, para uma resolução de acordo com as características de um trabalho científico. Corroborando esta ideia, os autores em oficinas e cursos de aperfeiçoamento, constataram que qualquer enunciado é traduzível sem impor dificuldades maiores.

3. A resolução de problemas como uma pesquisa

A resolução de problemas sem dados consiste: a) considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada (ideia motivadora); b) começar por um estudo qualitativo da situação, tentando limitar e definir de maneira precisa o problema; c) emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais pode depender a magnitude buscada e sobre a forma desta dependência, imaginando, em particular, casos limites de fácil interpretação física; d) elaborar e explicitar possíveis estratégias de resolução antes de proceder a esta, evitando a simples tentativa e erro. Buscar diferentes caminhos de resolução para possibilitar o contraste de resultados obtidos e mostrar a coerência do corpo de conhecimentos de que se dispõe; e) elaborar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz evitando, uma vez mais, operativismos carentes de significação física; f) analisar cuidadosamente os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em especial dos casos limite considerados g) considerar as perspectivas abertas pela pesquisa realizada, contemplando, por exemplo, o interesse de abordar a situação num nível de maior complexidade ou considerando suas implicações

teóricas ou práticas. Conceber em especial, novas situações a serem pesquisadas, sugeridas pelo estudo realizado – elaboração de um relatório do tratamento do problema, um produto de interesse para a comunidade.

Em suma, estas são indicações gerais destinadas a chamar a atenção contra certos “vícios metodológicos”. Um processo de pesquisa dirigida para a (re)construção das propostas disponíveis na Didática das Ciências.

ANEXO B – UM PROGRAMA DE DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS PARA A FORMAÇÃO DOS PROFESSORES

Desenvolvido pelos autores com contínuas revisões em cursos de formação inicial e permanente de professores de Ciências – Referência ao documento “Tendencias y experiencias innovadoras en la enseñanza de las ciencias (Gil-Pérez, 1991).

1. Definição de um fio condutor para desenvolvimento da disciplina permitindo a participação dos alunos na definição dos objetivos gerais do curso, assim como uma concepção preliminar da tarefa a ser realizada (ver capítulo 2 parte I).
2. Estudo do papel das concepções alternativas dos alunos na aprendizagem das Ciências;
3. Esclarecimento das características do trabalho científico;
4. Revisão da didática da resolução de problemas;
5. Consideração das atitudes com relação à Ciência e sua aprendizagem;
6. Atenção ao ambiente de sala de aula e das escolas;
7. Incorporação no currículo das relações ensino das Ciências/meio, incluindo interações Ciência/Tecnologia/Sociedade;
8. Requestionamento da avaliação;
9. Análise do papel do professor em sala de aula – orientador de pesquisas;
10. Estabelecimento de critérios para a estruturação de um currículo adequado;
11. Estudo dos diferentes paradigmas de ensino/aprendizagem a nível de recapitulação;
12. Treinamento para a reflexão didática explícita;
13. Treinamento para o trabalho docente em equipe;
14. Vivência de propostas inovadoras e análise crítica das mesmas;
15. Aproximação a partir da literatura adequada às linhas prioritárias de pesquisa didática;

16. Contato com as estruturas de formação permanente.

Atividades :

1. Nas orientações construtivistas, avaliação:

- a) **consiste em um instrumento de *feedback*;**
- b) aprofunda a rememoração repetitiva de conteúdos conceituais;
- c) evita introduzir formas de avaliação da própria atividade docente.
- d) afirma a funcionalidade de um julgamento objetivo.
- e) tem como objetivo medir a capacidade e o aproveitamento dos alunos para promoções e seleções.

2. Um bom domínio da matéria inclui:

- a) não conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos;
- b) não considerar as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos;
- c) evitar conceber as iterações Ciência/Tecnologia/Sociedade;
- d) desconsiderar os desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas;
- e) **saber selecionar conteúdos adequados.**

3. A didática das Ciências é capaz de se tornar esse agente integrador, se reunir uma série de características menos :

- a) estar dirigida à construção de um corpo teórico de conhecimentos específicos;
- b) ser proposta como uma *mudança didática* do pensamento e comportamento docente “espontâneo”;
- c) **evitar a vivência de propostas inovadoras para questionamentos críticos que levem à necessidade de inovações didáticas;**
- d) estruturar-se a fim de incorporar o professor na pesquisa e inovação em didática das Ciências;
- e) facilitar a articulação de conhecimentos com a prática docente.

4. A formação ambiental não é definida como:

- a) reflexiva
- b) natural
- c) senso comum
- d) espontânea
- e) óbvia

5. As estratégias de ensino para uma aprendizagem como pesquisa introduz mudanças profundas no papel do professor e novas exigências formativas. Estas incluem:

- a) apresentar as atividades para evitar uma concepção global da tarefa;
- b) Sintetizar e reformular as tarefas para desvalorizar as contribuições dos alunos;
- c) facilitar informações em momento oportuno para que alunos não apreciem a validade de seus trabalhos;
- d) manter clima de cordialidade e aceitação para o bom funcionamento da disciplina e da aula;
- e) estabelecer formas de organização para evitar interações frutíferas entre aula, escola e meio

10. QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, cadernos temáticos n. 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Disponível em:
<http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos>> Acesso em: 26 jan. 2010.

A Química Nova na Escola é uma coleção que tem por objetivo abordar temas atuais da química, de forma rigorosa, atualizada e acessível aos professores, contribuindo para sua formação inicial e continuada e atuação no ensino fundamental e médio.

CADERNO TEMÁTICO # 1

QUÍMICA AMBIENTAL

O Caderno Temático # 1 trata da Química do Meio ambiente, com temas que nos desafiam, em cinco tópicos: 1) A evolução da atmosfera terrestre (p. 5-8); 2) Lixo: desafios e compromissos (p. 9-18); 3) Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza (p. 19-30); 4) As águas do planeta Terra (p. 31-40); 5) Química atmosférica: a química sobre nossa cabeça (p. 41-49).

A química do meio ambiente surgiu desde o século XVII com a democratização da preocupação com a devastação ambiental em regiões carboníferas do Reino Unido, mostrando o perigo das altas concentrações de SO₂ na atmosfera urbana. A partir da década de 1960, cada vez mais o mundo se torna um sistema único, interligado, o Planeta Azul, ameaçado pelos herbicidas, pelo lixo urbano e industrial, pelos metais pesados e gases, decorrentes do modelo econômico vigente que tratava a natureza como fonte inesgotável de recursos. Na década de 70, a ação dos movimentos sociais e ambientais alerta para os riscos ambientais, tornando hoje a questão num tema na

agenda da sociedade e objeto de uma legislação pertinente. Mesmo assim, atualmente a questão ambiental é marcada pela desinformação ou contrainformação, que coloca obstáculos às ações preventivas. Algumas indagações ainda persistem, tais como a magnitude do efeito estufa ou a toxicidade ou poder mutagênico das novas moléculas. Na busca de respostas deve-se diferenciar a percepção (subjetiva) de risco da avaliação de risco (objetiva, científica), incluindo suas bases químicas.

1) A evolução da atmosfera terrestre

Ao longo de 4,5 bilhões de anos a atmosfera terrestre foi transformada quimicamente. O surgimento da vida provocou um desequilíbrio constante, agravado nas últimas décadas, devido à intensificação das atividades antrópicas. Os perigos associados à alteração da composição química da atmosfera devem ser amplamente discutidos.

É possível entender, nas atividades escolares, as marcas deixadas por essas transformações no nosso planeta através da química, da geologia e da biologia, trabalhando integradamente como uma equipe multidisciplinar.

Há aproximadamente 3,5 bilhões de anos a atmosfera da terra era extremamente redutora, com a crosta rica em ferro elementar e castigada por altas doses de radiação UV, já que o Sol era em torno de 40% mais ativo do que é hoje e também não havia oxigênio suficiente para atuar como filtro dessa radiação, como ocorre na estratosfera atual (p. 5), mas era rica em hidrogênio, além do metano e amônia que, pela ação do sol se transformava em nitrogênio e dióxido de carbono.

Quadro 1: Composição química e termodinâmica da atmosfera de alguns planetas do Sistema Solar (%).

Gás	Vênus	Marte	Terra	Terra*
CO ₂	96,5	95	0,035	98
N ₂	3,5	2,7	79	1,9
O ₂	traços	0,13	21	traços
Argônio	traços	1,6	1,0	0,1
$\Delta fG_m/kJ mol^{-1}$ **	-365	-376	-1,8	-377

* Composição provável antes do aparecimento da vida no planeta.

** Detalhes sobre como calcular os valores da energia livre padrão molar de formação apresentados nesta tabela encontram-se em Jardim e Chagas, 1992.

No Quadro 1, as atmosferas de Vênus, Marte e da Terra antes do aparecimento da vida, estão em equilíbrio termodinâmico. O quadro atual da composição química e termodinâmica da Terra é devido principalmente à fotossíntese (aproximadamente 2 bilhões de anos atrás) que produz quase todo o oxigênio existente, gerando um baixo grau de entropia, mantido pela energia solar. O oxigênio levou mais de 1,5 bilhão de anos para sair de uma concentração de traços e atingir os atuais 21%. As espécies vivas

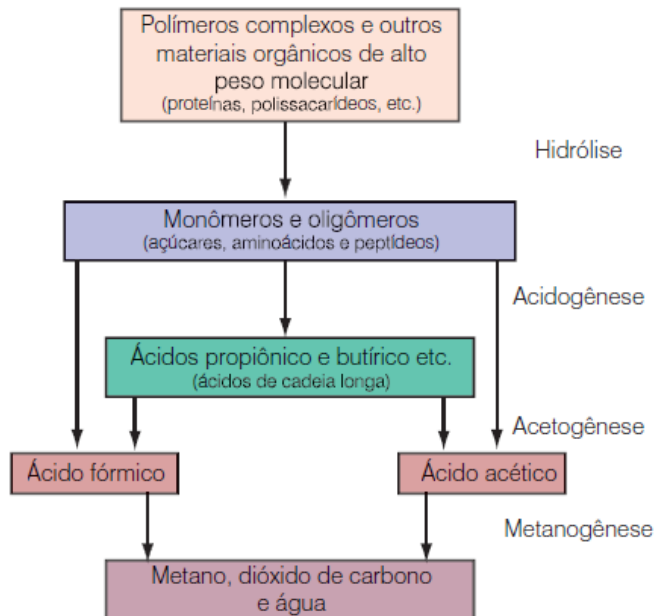
na terra demoraram um longo período para se adaptar a uma atmosfera oxidante, produzindo enzimas protetoras. Atualmente o dióxido de carbono vem crescendo a uma taxa de 0,4% ao ano e o metano a 1% ao ano, enquanto os CFC's (clorofluorocarbonetos) crescem a uma assustadora taxa de 5% ao ano, quadruplicando sua concentração média na atmosfera nas últimas quatro décadas (p. 8). Alguns desses gases causam o efeito estufa e/ou destruição da camada de ozônio que, na estratosfera, protege a Terra dos raios UV. *“Sem o efeito estufa, a temperatura média na superfície do globo ficaria abaixo de -15 °C, nosso planeta seria uma esfera rica em água no estado sólido e certamente não propícia ao aparecimento de vida; o efeito estufa bem dosado é benéfico e essencial para a manutenção da vida”*. (p. 8) Daí a importância, no debate ambiental, de se preocupar com a expansão dos gases minoritários na atmosfera.

2) Lixo: desafios e compromissos

O lixo, resíduos sólidos dos mais variados, gerados por aglomerações urbanas, processos produtivos e mesmo em estações de tratamento de esgoto são um grande problema, tanto pela quantidade quanto pela toxicidade de tais rejeitos. A solução para tal questão não depende apenas de atitudes governamentais ou decisões de empresas; deve ser fruto também do empenho de cada cidadão, que tem o poder de recusar produtos potencialmente impactantes, participar de organizações não governamentais ou simplesmente segregar resíduos dentro de casa, facilitando assim processos de reciclagem. O conhecimento da questão do lixo é a única maneira de se iniciar um ciclo de decisões e atitudes que possam resultar em uma efetiva melhoria de nossa qualidade ambiental e de vida (p. 9).

Nos aterros sanitários, mesmo na ausência de oxigênio, bactérias do tipo facultativas, aeróbias ou não, degradam a matéria orgânica, usando espécies receptoras de elétrons como o Mn(IV), nitrato (NO_3^-), Fe(III) e sulfato (SO_4^{2-}). Finalmente, na escassez destes, uma fração da matéria orgânica se reduz produzindo metano (CH_4), onde o carbono apresenta o seu menor número de oxidação possível (-4), enquanto parte da matéria orgânica, que transferiu elétrons para a formação do metano, é transformada em CO_2 , caracterizando a digestão anaeróbia do resíduo. A respiração que utiliza o SO_4^{2-} como receptor de elétrons produz o H_2S^4 , com seu característico cheiro de ovo podre.

A decomposição anaeróbia de resíduos resulta da ação de diversos micro-organismos que convertem a porção orgânica em produtos estáveis, em 4 fases: 1) **Hidrólise** do material orgânico polimérico, lipídios e outras moléculas de alto peso molecular, resultando em açúcares, aminoácidos, peptídios e compostos relacionados. 2) Transformação dos produtos da Fase 1 em ácidos graxos de cadeia longa, ácidos propiônico e butírico, além de uma parcela de ácidos fórmico e acético. *“Nessa etapa, a razão entre as formas protonada e desprotonada dos ácidos será fruto da constante de ionização de cada ácido envolvido e do pH do meio, sendo comum a referência na literatura, por exemplo, tanto ao ácido acético quanto ao seu ânion acetato”* (p. 14). 3) **Acidogênese**: transformação dos ácidos de cadeias que contêm mais do que três átomos de carbono em ácidos acético e fórmico. 4) **Metanogênese**, converte os produtos da terceira etapa em metano.



As Etapas da digestão anaeróbica.

O processo aeróbico pode ser empregado no tratamento de resíduos sólidos de origem orgânica e resíduos com lodo gerado em estações de tratamento de esgotos. Um fator crítico para a compostagem de resíduos é a relação C/N, cuja faixa ótima é de 20-25 para 1 e que diminui ao longo do tempo, pois o carbono é eliminado para a atmosfera na forma de CO₂ e/ ou CH₄. Espécies químicas contendo nitrogênio atuam como nutrientes nos processos de degradação da matéria orgânica. Resíduos pobres em nitrogênio, como jornais, (relação C/N de aproximadamente 980), devem ser misturados a outros resíduos mais ricos em nitrogênio. Dependendo de parâmetros sanitários, esses compostos podem ser usados como fertilizantes.

Efeitos causados por alguns metais pesados ao homem

Elemento	Onde é encontrado	Efeitos
Mercúrio	<ul style="list-style-type: none"> • equipamentos e aparelhos elétricos de medida • produtos farmacêuticos • lâmpadas de néon, fluorescentes e de arco de mercúrio • interruptores • baterias/pilhas • tintas • antissépticos • fungicidas • termômetros 	<ul style="list-style-type: none"> • distúrbios renais • distúrbios neurológicos • efeitos mutagênicos • alterações no metabolismo • deficiências nos órgãos sensoriais
Cádmio	<ul style="list-style-type: none"> • baterias/pilhas • plásticos • ligas metálicas • pigmentos • papéis • resíduos de galvanoplastia 	<ul style="list-style-type: none"> • dores reumáticas e miálgicas • distúrbios metabólicos levando à osteoporose • disfunção renal
Chumbo	<ul style="list-style-type: none"> • tintas, como as de sinalização de rua • impermeabilizantes • anticorrosivos • cerâmica • vidro • plásticos • inseticidas 	<ul style="list-style-type: none"> • perda de memória • dor de cabeça • irritabilidade • tremores musculares • lentidão de raciocínio • alucinação • anemia

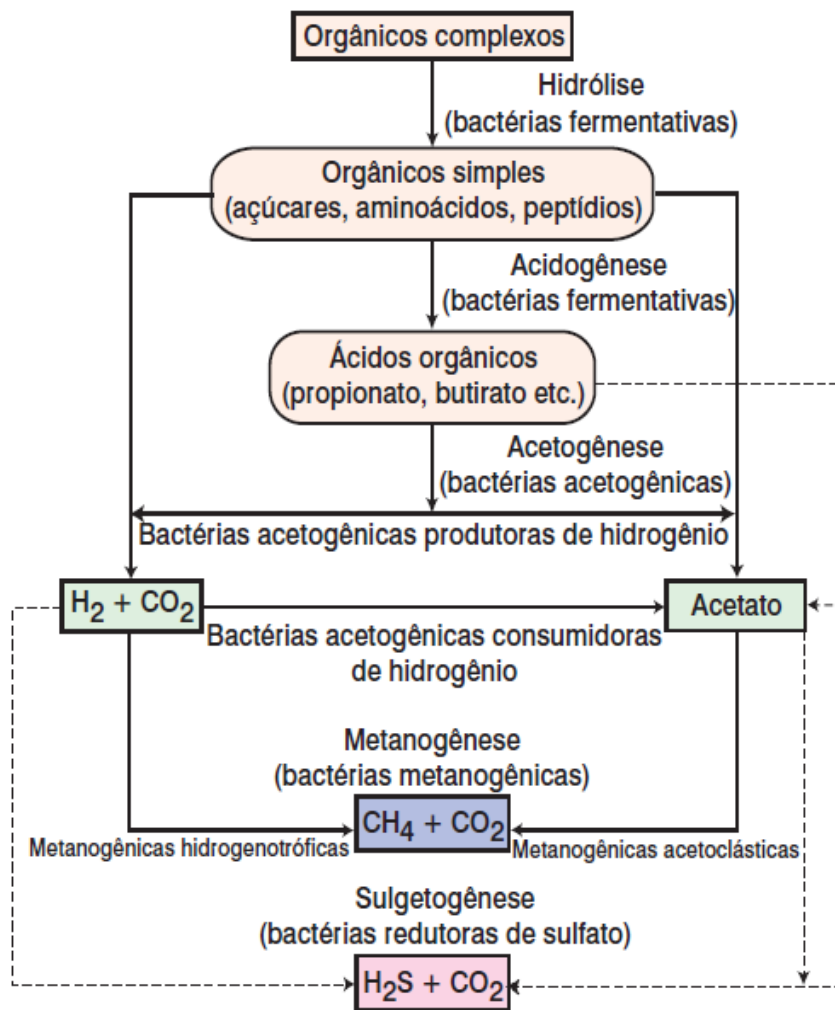
	<ul style="list-style-type: none">• embalagens• pilhas	<ul style="list-style-type: none">• depressão• paralisia
--	---	---

Para minimizar os efeitos negativos do lixo no ambiente, a Agenda 21 propõe, em seu capítulo 21, o manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos, dando ênfase à diminuição da produção de lixo e à reciclagem.

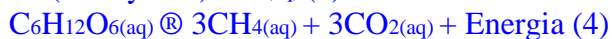
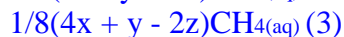
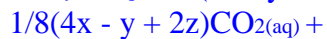
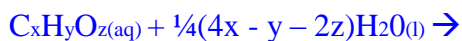
3) Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza

Os processos de tratamento de águas residuárias no Brasil, bem como os principais processos de tratamento envolvem processos físico-químicos e biológicos que transformam a matéria orgânica. Há importantes variáveis de interesse sanitário e ambiental, bem como uma legislação federal para classificação das águas (p. 19).

Quando ocorre o lançamento de efluentes na água, de forma pontual ou difusa, as características químicas, físicas e biológicas desse local começam a se alterar. Por exemplo, pode ocorrer uma elevação da carga orgânica, refletindo-se no aumento da DBO (demanda bioquímica de oxigênio), da DQO (demanda química de oxigênio), do COT (carbono orgânico total) e, conseqüentemente, uma depleção da concentração de oxigênio dissolvido, fruto, principalmente, do metabolismo de micro-organismos aeróbios. Parte da matéria orgânica presente no efluente se dilui, sedimenta, sofre estabilização química e bioquímica. Esse fenômeno é conhecido como autodepuração. No entanto essa definição é questionável, pois não leva em consideração outras variáveis ambientais, como, por exemplo, a presença de sais e de metais, alteração da diversidade e população biológica e do nível trófico, etc. (p. 20).



As reações biológicas de óxido-redução. A equação que descreve o metabolismo aeróbio de compostos orgânicos, representado por $C_xH_yO_z$ é a seguinte: $C_xH_yO_z(aq) + \frac{1}{4}(4x + y - 2z)O_2(g) \rightarrow xCO_2(g) + \frac{1}{2}(y)H_2O(l)$ (1). Tomando como modelo a molécula de glicose (equação 2), pode-se demonstrar a oxidação de um carboidrato. $C_6H_{12}O_6(aq) + 6O_2(aq) \rightarrow 6CO_2(aq) + 6H_2O(l) + \text{Energia}$ (2). Essa energia é utilizada para manutenção do micro-organismo. Na fórmula a seguir, o carbono aparece em seu maior estado de oxidação (4+), na molécula de CO_2 , e em seu estado mais reduzido (4-), na molécula de CH_4 , sendo que os micro-organismos apresentam um sintrofismo. É importante ressaltar que as diversas reações ocorrem concomitantemente e em situação de equilíbrio.

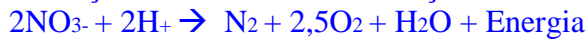


Geração de energia nas reações bioquímicas. Os micro-organismos que participam da degradação dos diversos compostos presentes no esgoto são heterotróficos, ou seja, os compostos de carbono são as fontes de energia e alimento que esses seres vivos utilizam para a manutenção de sua atividade biológica. As principais reações bioquímicas que ocorrem para geração de energia são:

Condições aeróbias: degradação de matéria orgânica



Condições anóxicas: desnitrificação



Condições anaeróbicas: degradação da matéria orgânica (metanogênese):

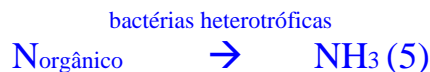


Dessulfatação (sulfetogênese):

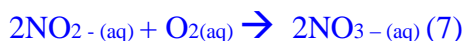
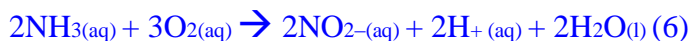


As formas oxidadas do nitrogênio. A matéria orgânica das águas residuais é composta geralmente por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre e outros elementos em menor proporção, mas que são essenciais para a estabilização desse material. O nitrogênio tem a propriedade de limitar o crescimento celular, sendo muito importante no tratamento de efluentes, na biodegradação de aminoácidos e proteínas que constituem a *matéria orgânica nitrogenada*, transformando-os em compostos mais simples, como amônia, nitrato, nitrito e nitrogênio molecular.

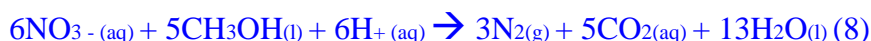
Esse mecanismo é efetuado em etapas distintas por grupos diferentes de micro-organismos. Uma primeira etapa é a conversão do nitrogênio orgânico em amônia pela ação de bactérias heterotróficas sob condições aeróbicas ou anaeróbicas (Equação 5).



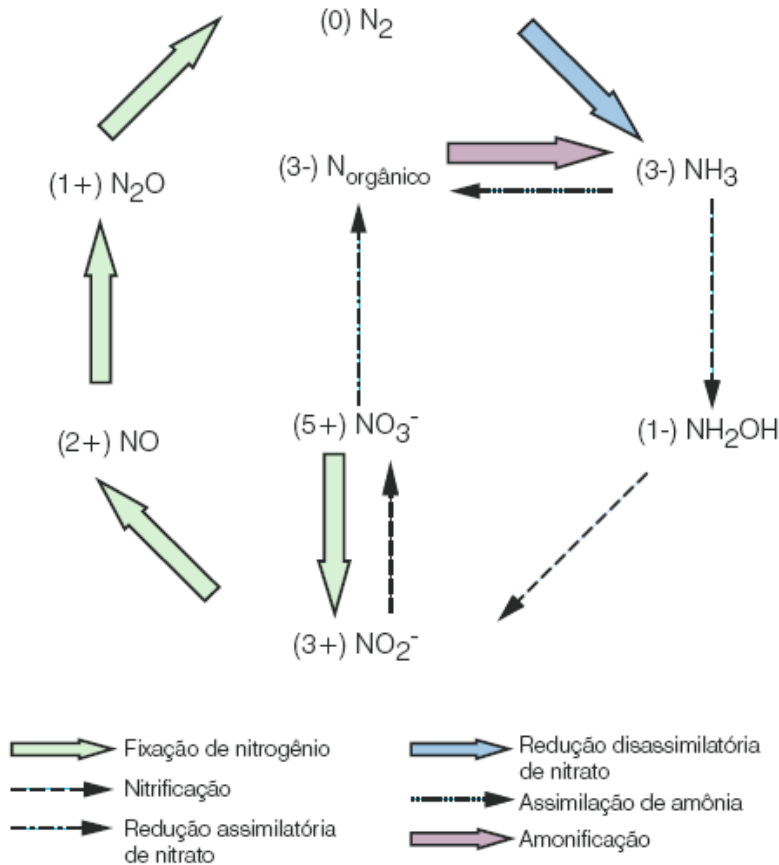
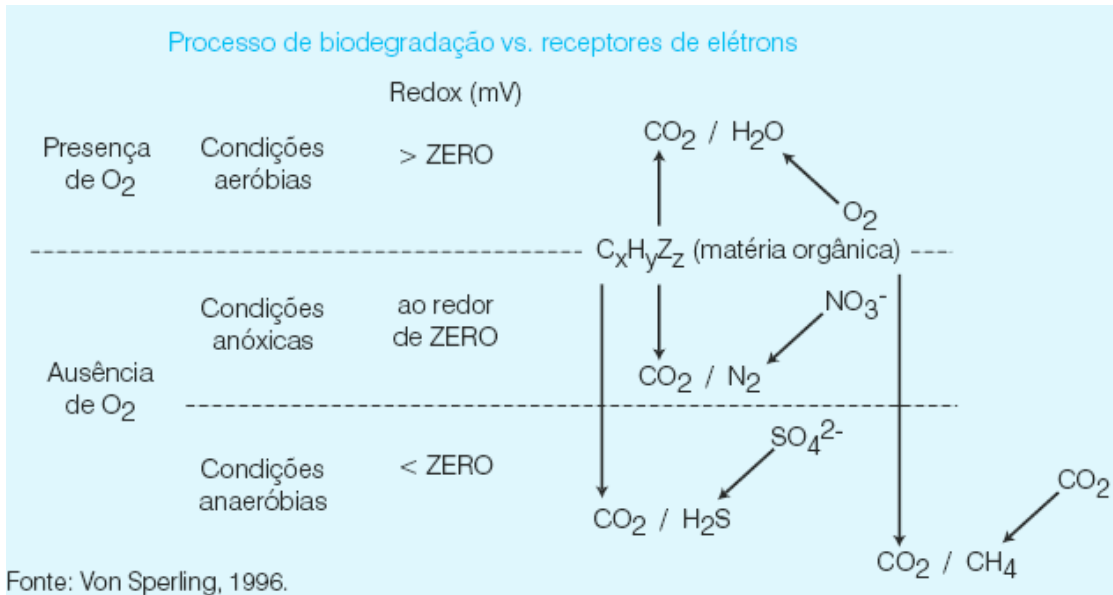
A amônia liberada pode ser oxidada por bactérias nitrificantes autotróficas, como no caso das *Nitrosomonas* que a convertem para nitrito (Equação 6). O nitrito por sua vez é oxidado pelo grupo das bactérias *Nitrobacter* até nitrato (Equação 7).



Já as bactérias heterotróficas facultativas, promovem a desnitrificação, transformando o nitrato em gás nitrogênio, sob condições anóxicas, quando há matéria de fácil degradação, como exemplo o metanol, conforme equação 8 que tem, no processo final, um gás inerte, N₂:



Na Figura abaixo é apresentado o ciclo do nitrogênio, onde são indicados os mecanismos de nitrificação e desnitrificação.



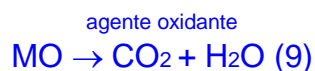
Processos físico-químicos. Os mais utilizados são: coagulação, floculação, decantação, flotação, separação por membranas, adsorção e oxidação química. As partículas coloidais, de carga negativa, medem 1 mm ou menos e permanecem em suspensão coloidal nas águas residuais por muito tempo, com um comportamento de solução.

Coagulação: as partículas são aglutinadas pela ação de coagulantes (sais de ferro III, alumínio e polieletrólitos), em um processo resultante de: 1) reações de hidrólise, que produzem partículas de carga positiva; 2) físico, por meio de choques de partículas com impurezas (cargas negativas), neutralizando as cargas.

Floculação: processo físico que ocorre logo em seguida à coagulação, caracterizado pelos choques entre as partículas formadas anteriormente, produzindo outras de muito maior volume e densidade, os *flocos*. Os flocos podem ser separados do meio aquoso por sedimentação, utilizando-se um decantador ou por flotação por ar dissolvido, utilizando-se um flotor.

Adsorção fenômeno de superfície relacionado com a área disponível do adsorvente, a relação entre massa do adsorvido e massa do adsorvente, pH, temperatura, força iônica e natureza química do adsorvente e do adsorvido. Pode ser reversível ou irreversível. O carvão ativado (CA) é conhecido como o adsorvente ‘universal’, para tratamento de águas residuais contendo radionuclídeos e metais. Outra forma é a adsorção em alumina ativada (AA, Al₂O₃) para remoção de fluoreto, arsênio, sílica e húmus. Outros adsorventes naturais têm sido testados, tais como plantas, raízes, bagaço de cana, cabelo, cinzas, etc., como é o caso do aguapé, uma macrófita flutuante, para remoção de fenol e metais.

A oxidação química consiste na remoção de elétrons de uma substância ou elemento, aumentando o seu estado de oxidação: cloro (Cl₂), hipoclorito (OCl⁻), dióxido de cloro (ClO₂), ozônio (O₃), permanganato (MnO₄⁻), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e ferrato (FeO₄²⁻). Na desinfecção de águas de abastecimento, que também é uma reação de óxido-redução, os agentes comumente utilizados são Cl₂, OCl⁻, HOCl, ClO₂ e O₃, com diferentes capacidades de oxidação. As substâncias resultantes do processo são dióxido de carbono e água. (Fórmula 9)



Os processos de separação por membranas tais como osmose reversa, ultrafiltração, hiperfiltração, e eletrodialise, usam membranas seletivas para separar o contaminante da fase líquida. (p.24)

Hiperfiltração: processo para concentrar e separar óleos, moléculas orgânicas grandes e complexos iônicos de metais pesados, consistindo na passagem de espécies pela membrana com massa molecular na faixa de 100 a 500 g/mol; a ultrafiltração é usada para separação de solutos orgânicos com massa molecular variando de 500 até 1.000.000 g/mol.

Osmose reversa (OR): similar à ultra e hiperfiltração, opera por um princípio diferente no qual a membrana é seletivamente permeável para a água e não para solutos iônicos, utilizando altas pressões. Útil para separação de compostos inorgânicos, como metais e cianocomplexos, de compostos orgânicos de massa molecular maior que 120 g/mol e de sólidos em concentração de até 50.000 mg/L.

Eletrodialise: aplicação de uma diferença de potencial entre dois eletrodos, em uma solução aquosa, separados por membranas seletivas a cátions e ânions, dispostas alternadamente. Os cátions migram em direção ao catodo e os ânions em direção ao anodo, produzindo fluxos alternados, pobres e ricos em cátions e ânions, separados fisicamente pelas diferentes membranas. Remove mais de 50% de compostos inorgânicos dissolvidos em efluentes que sofreram um pré-tratamento para remoção de sólidos em suspensão, os quais provocariam entupimento ou colmatação das membranas.

Os principais mecanismos de remoção de poluentes no tratamento de esgotos são apresentados em uma síntese no Quadro abaixo:

Poluente	Dimensões	Principais Mecanismos de remoção	
Sólidos	Maiores dimensões (maiores que ~1 cm)	Gradeamento	Retenção de sólidos com dimensões superiores ao espaçamento entre barras
	Dimensões intermediárias (maiores que ~0,001 mm)	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
	Dimensões diminutas (menores que ~0,001 mm)	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
Matéria orgânica	Dimensões superiores a ~0,001 mm	Sedimentação	Separação de partículas com densidade superior à do esgoto
		Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
		Estabilização	Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes
	Dimensões inferiores a ~0,001 mm	Adsorção	Retenção na superfície de aglomerados de bactérias ou biomassa
Estabilização		Utilização pelas bactérias como alimento, com conversão a gases, água e outros compostos inertes	
Organismos transmissores de doenças		Radiação ultravioleta	Radiação do sol ou artificial
		Condições ambientais Adversas	Temperatura, pH, falta de alimento, competição com outras espécies
		Desinfecção	Adição de algum agente desinfetante, como o cloro

Legislação Ambiental. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução n. 20, de 18 de junho de 1986, estabelece os padrões de qualidade de corpos aquáticos, bem como de lançamentos de efluentes. As águas residuais, após tratamento, devem atender aos limites máximos e mínimos estabelecidos pela referida resolução, e os corpos d'água receptores não devem ter sua qualidade alterada (p. 25).

A classificação das águas pelo 1o artigo da resolução CONAMA n. 20/1986

Águas doces

I- Classe Especial – águas destinadas: a) ao abastecimento sem prévio tratamento ou com simples desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1 – águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que são ingeridas cruas sem remoção de película; e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

III - Classe 2 – águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 – águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 – águas destinadas: a) à navegação; b) à harmonia paisagística; c) aos usos menos exigentes.

Águas salinas

VI - Classe 5 – águas destinadas: a) à recreação de contato primário; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana. VII - Classe 6 – águas destinadas: a) à navegação comercial; b) à harmonia paisagística; c) à recreação de contato secundário.

Águas salobras

VIII - Classe 7 – águas destinadas: a) à recreação de contato primário; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 – águas destinadas: a) à navegação comercial; b) à harmonia paisagística; c) à recreação de contato secundário.

A inter-relação entre os principais padrões de qualidade das diversas classes de corpos d'água (água doce) e padrão de lançamento.

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo d'água				Padrão de lançamento
		Classe				
		1	2	3	4	
Cor	uH(1)	30	75	75	-	-
Turbidez	uT(2)	40	100	100	-	-
Sabor e odor	-	VA	VA	VA	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	< 40
Materiais flutuantes	-	VA	VA	VA	VA	ausente
Óleos e graxas	-	VA	VA	VA	(5)	(6)
Corantes artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
Sólidos dissolvidos	mg/L	500	500	500	-	-
Cloretos	mg/L	250	250	250	-	-
pH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	5 a 9
DBO(4)	mg/L	3	5 (7)	10 (7)	-	60 (8)
OD(3)	mg/L	6	5	4	2	-

Amônia	mg/L	0,02 (9)	0,02 (9)	-	-	5,0 (9)
Coliformes totais	org./100 mL	1.000	5.000	20.000	-	-
Coliformes fecais	org./100	mL	200	1.000	4.000	-
Regime de lançamento	-	-	-	-	-(10)	

(Qnesc, v.1, p. 27)

Fonte: Barros *et. al.*, 1995, (modificada).

VA: virtualmente ausente. (1): 1 uH (unidade Hazen) é equivalente à cor produzida por 1mg K₂PtCl₆/L (1 mg de cloroplatinato de potássio por litro). (2): 1 uT (unidade de turbidez) é equivalente à turbidez produzida por 1 mg SiO₂/L (1 mg de óxido de silício por litro). (3): oxigênio dissolvido: é a quantidade de oxigênio gasoso (O₂) presente na água. (4): Demanda bioquímica de oxigênio é definida como a quantidade de oxigênio necessária para a estabilização biológica da matéria orgânica, sob condições aeróbias e controladas (período de 5 dias e 20 °C). (5): toleram-se efeitos iridescentes (que dão as cores do arco-íris). (6): minerais: 20 mg/L; vegetais e gorduras animais 50 mg/L. (7): estes valores podem ser ultrapassados quando na existência de casos de estudo de autodepuração do corpo d'água indiquem que a OD deverá estar dentro dos padrões estabelecidos quando da ocorrência de condições críticas de vazão (média das mínimas de 7 dias consecutivos em 10 anos de recorrência). (8): pode ser ultrapassado caso a eficiência do tratamento seja superior a 85%. (9): padrão do corpo receptor: amônia (NH₃); padrão de lançamento: amônia total (NH₃ + NH₄ +). (10): a vazão máxima deverá ser 1,5 vez a vazão média do período de atividade no agente poluidor.

Características dos níveis de tratamento dos esgotos

Item	Nível de Tratamento			
	Preliminar	Primário	Secundário	Terciário
Poluentes Removidos	Sólidos grosseiros	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos sedimentáveis Matéria orgânica sedimentável 	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos não sedimentáveis Matéria orgânica não sedimentável Eventualmente nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> Matéria orgânica suspensa e dissolvida Compostos inorgânicos dissolvidos Nutrientes
Eficiência de remoção	—	<ul style="list-style-type: none"> Sólidos suspensos: 60 a 70% Matéria orgânica: 30 a 40% Patogênicos: 30 a 40% 	<ul style="list-style-type: none"> Matéria orgânica: 60 a 99% Patogênicos: 60 a 99% 	<ul style="list-style-type: none"> Patogênicos: próximo a 100% Nutrientes: 10 a 95% Metais pesados: próximo a 100%
Tipo de tratamento predominante	Físico	Físico	Biológico	<ul style="list-style-type: none"> Físico-químico Biológico
Cumprir o padrão de lançamento?	Não	Não	Usualmente sim	Sim
Aplicação	Montante de elevatória Etapa inicial de tratamento	Tratamento parcial Etapa intermediária de tratamento mais completo	Tratamento mais completo (para matéria orgânica)	Tratamento mais refinado e eficiente para produzir um efluente de melhor qualidade

Fonte: Barros *et. al.*, 1995, (modificada). (Qnesc, p. 27)

Portanto, “o tratamento, o reuso e a disposição adequada de águas servidas são procedimentos que visam minimizar os efeitos e as consequências indesejáveis ao ambiente. No entanto, antes de se encontrar a solução tecnológica mais adequada para amenizar tais efeitos e consequências, a pergunta que deve ser feita para todos os setores da população é a seguinte: Será que é necessário gerar determinado volume e tipo de efluente, para que depois o mesmo seja tratado?” (p. 28)

4) As águas do planeta Terra

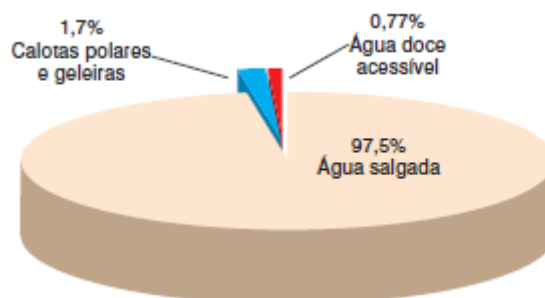
Um dos principais desafios mundiais na atualidade é o atendimento à demanda por água de boa qualidade. O crescimento populacional, a necessidade de produção de alimentos e o desenvolvimento industrial devem gerar sérios problemas no abastecimento de água nos próximos anos. Este texto trata da importância da água para a sobrevivência do homem e de toda a biota terrestre. Apresentam-se algumas das propriedades mais importantes da água e sua distribuição em nosso planeta. Descrevem-se as formas de uso deste recurso, assim como as principais fontes de poluição e finalmente discute-se a importância do tratamento da água na melhoria da qualidade de vida da população mundial. (p. 31)

Algumas propriedades da água. A água pode ser encontrada, naturalmente, em todos os três estados físicos: sólido (gelo), líquido (água líquida) e gasoso (vapor). Sua capacidade em conduzir e estocar o calor (condutividade térmica e capacidade calorífica) também é única. Entre outros aspectos, a água tem um elevado calor de evaporação. Enquanto são necessários 0,239 J (1 caloria) para se elevar a temperatura de 1 g de água de 1 °C, esta mesma massa de água exige cerca de 540 vezes mais energia para se evaporar. Outra propriedade da água é que a forma líquida apresenta uma densidade maior que a forma sólida.

Propriedades físicas de alguns hidretos simples.

Substância	CH ₄	NH ₃	H ₂ O	HF	H ₂ S
Ponto de fusão, °C	-182	-78	0	-83	-86
Ponto de ebulição, °C	-164	-33	+100	+19	-61

Distribuição da água na terra



O ciclo hidrológico



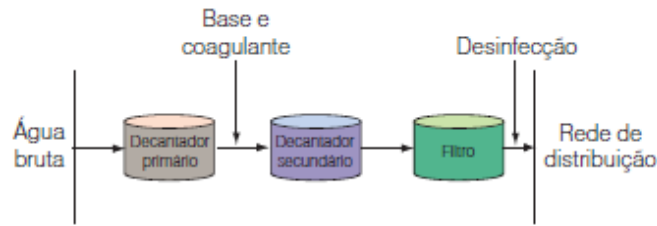
Qualidade e poluição da água

A qualidade da água ao redor de nosso planeta tem-se deteriorado de forma crescente, especialmente nos últimos 50 anos, após a II Guerra Mundial, com a expansão da indústria. Existem duas estratégias adotadas no controle da poluição aquática: (1) redução na fonte e (2) tratamento dos resíduos (abordado no capítulo anterior). As principais formas de poluição da água são: 1) decomposição de matéria orgânica por organismos detritívoros, que consomem o oxigênio dissolvido na água; 2) eutrofização artificial, quando os corpos aquáticos se enriquecem de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio.

Dentre os compostos orgânicos sintéticos, os que mais preocupam quanto à poluição das águas, são os hidrocarbonetos halogenados compostos orgânicos onde um ou mais átomos de hidrogênio são substituídos por átomos de cloro, flúor, bromo ou ainda iodo, empregados nas indústrias de plásticos (cloreto de polivinila - PVC), pesticidas (DDT), solventes (tetracloroetileno) e de isolamento elétrico (bifenilas policloradas), entre outras. Outra classe de substâncias químicas que não se degradam no ambiente são os metais pesados, com elevada toxicidade, presentes em pesticidas, sendo os mais perigosos: chumbo, mercúrio, arsênio, cádmio, estanho, crômio, zinco e cobre e se diferenciam pela forma (especificação química), quantidade na água e interações com outras substâncias na água. Outra classe de poluentes, as substâncias húmicas, são agentes complexantes naturais, originadas da decomposição de vegetais, consistindo em uma mistura complexa de materiais poliméricos, com massas molares acima de 300 g.mol⁻¹, variando em grau de solubilidade na água

Tratamento da água. Os processos mais comuns são decantação, coagulação/floculação, filtração e desinfecção.

Representação esquemática de uma estação de tratamento de água



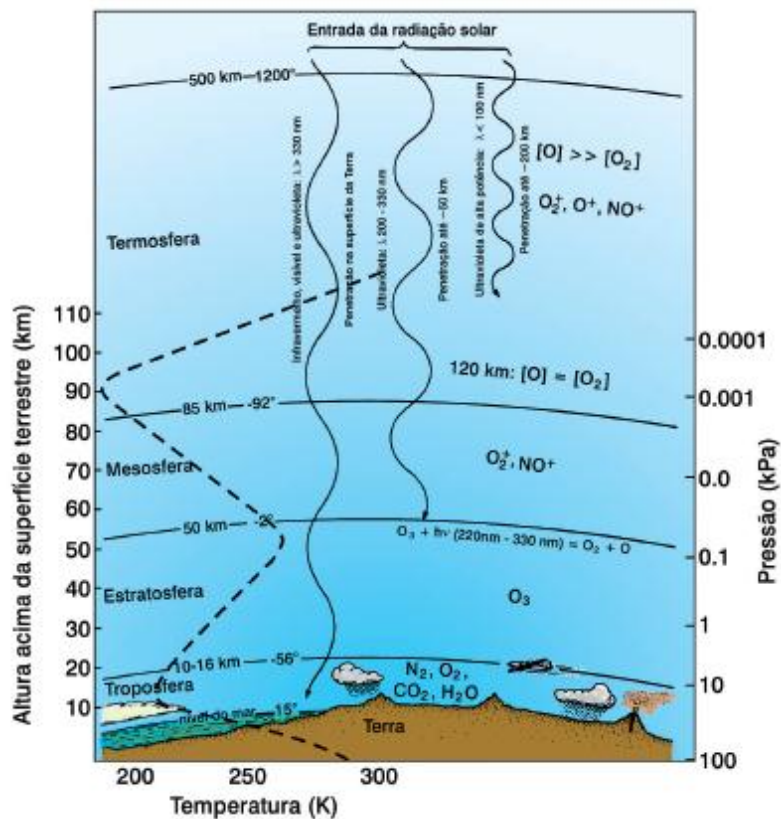
5) Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças

O século XX foi marcado por grandes transformações da qualidade do ar não somente das grandes metrópoles e de regiões fortemente industrializadas, mas também de áreas remotas devido, por exemplo, às queimadas de florestas naturais. Fenômenos globais (como o efeito estufa e o buraco na camada de ozônio) foram detectados e ganharam notoriedade. A ciência ambiental da atmosfera tem pela frente, neste novo século, o grande e complexo papel de contribuir para o aprimoramento de nosso entendimento sobre o que são e como se comportam a atmosfera e espécies tóxicas sobre os ecossistemas e sua biota. (p. 42)

As principais regiões da atmosfera terrestre

A estrutura das regiões da atmosfera quase sempre é definida de acordo com as variações da temperatura com a altitude, conforme figura abaixo.

Figura 5.1: regiões da atmosfera terrestre

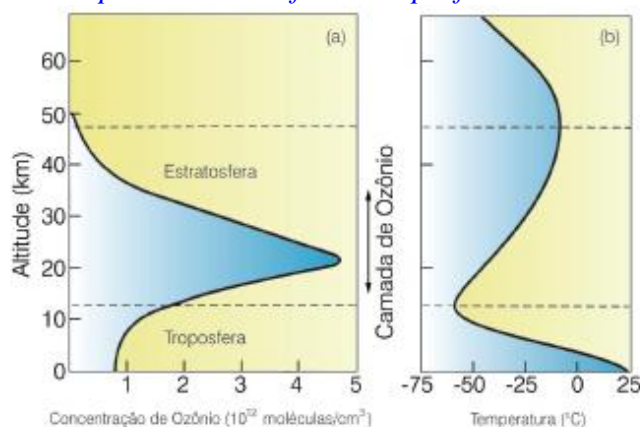


Reações químicas e fotoquímicas da atmosfera

Os principais componentes da atmosfera são o nitrogênio diatômico (N₂) com 78%, o oxigênio diatômico (O₂) com 21%, o argônio (Ar) com 1% e o gás carbônico (CO₂) com cerca de 0,04%. É uma mistura de gases não reativa na baixa atmosfera, mesmo em temperaturas e intensidade solar muito além daquelas encontradas na superfície da Terra; porém, muitas reações ambientalmente importantes ocorrem no ar, independente de estar limpo ou poluído.

A química da camada de ozônio. Diferentes moléculas absorvem a radiação solar em diferentes comprimentos de onda devido aos diferentes estados eletrônicos que estas podem assumir.

Figura 5.2: Variações da concentração de ozônio com a altitude para regiões de média latitude e da temperatura para a estratosfera e troposfera



Diferentes moléculas absorvem a radiação solar em diferentes comprimentos de onda devido aos diferentes estados eletrônicos que estas podem assumir. Faixas de absorção: 1) região do visível (de 400 a 750 nm); 2) faixa de cerca de 70 a 250 nm, oxigênio diatômico, absorvem radiação UV (que vai de 50 a 400 nm); 3) estratosfera e acima: moléculas de O₂ e N₂ filtram a radiação solar e nenhuma energia com comprimento de onda (λ) < 220 nm atinge a superfície da Terra. 4) faixa de 220 a 320 nm: radiação filtrada pelas moléculas do oxigênio triatômico O₃, o ozônio (pico de absorção entre 250- 260 nm), que se distribui na parte média e baixa da estratosfera.

Os fótons da luz visível ou UV têm energia da ordem de grandeza das entalpias (ou calor de reação) de muitas reações químicas, o que viabiliza a dissociação de moléculas: (p. 43), como é o caso do oxigênio diatômico na atmosfera: as moléculas de O₂, que absorvem fótons de energia (reação fotoquímica, fotólise ou fotodissociação) correspondentes a $\lambda \leq 241$ nm, serão dissociadas segundo a equação $O_2 + UV (\lambda \leq 241 \text{ nm}) \rightarrow 2O$ (1). Moléculas de O₂ não se dissociarão se a quantidade de energia do fóton for insuficiente, acumulando o excesso de energia por um tempo muito curto (estado excitado) ou de energia maior do que a do estado fundamental, denotado por O₂*. Esse excesso de energia ou é convertido em um fóton e novamente emitido ao meio, ou é convertido em calor que é transmitido a espécies vizinhas através das colisões. Porém,

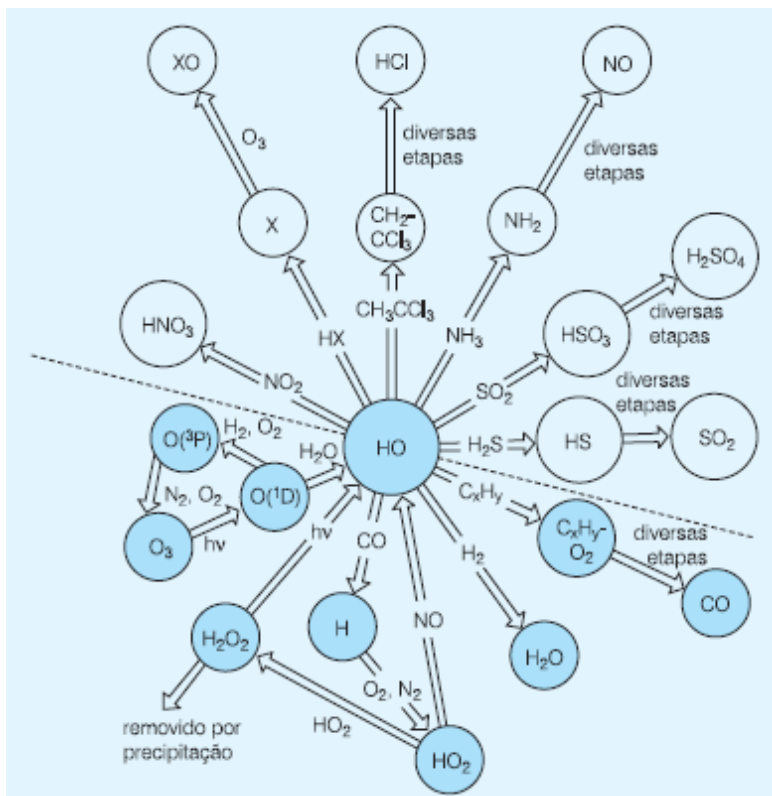
para ocorrer a reação, a energia dos mesmos tem de ser absorvida pelas moléculas. A disponibilidade de luz com suficiente energia dos fótons é uma condição necessária, mas não suficiente para que a reação ocorra.

Moléculas de O₃ são formadas e destruídas em reações exotérmicas, não catalíticas na Estratosfera, configurando seu perfil de temperatura. Acima da estratosfera, com ar muito rarefeito, as moléculas de O₂ são decompostas pela radiação UV do Sol, que apresenta uma intensidade muito menor; parte dos átomos de oxigênio recombina-se e formam moléculas diatômicas, que podem novamente sofrer o processo de fotodecomposição. Quanto mais denso o ar, a região apresentará um maior número de moléculas de O₂. A colisão de moléculas com átomos de oxigênio que resultam na produção de ozônio se dá pela equação $O + O_2 \rightarrow O_3 + \text{calor}$ (2). Uma terceira molécula é requerida para transmitir o calor desta reação: $O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M + \text{calor}$ (3). Apesar do gradiente de temperatura dentro da estratosfera (o ar é mais quente na parte superior do que na parte inferior desta camada), ela é, mesmo assim, mais quente que o topo da troposfera e a parte inferior da mesosfera, seus limites físicos, conforme Figura 5.1, acima.

Fotodecomposição: destruição das moléculas de O₃ na estratosfera, pela absorção de fótons UV com $\lambda < 320 \text{ nm}$ produz moléculas e átomos de oxigênio no estado excitado segundo a equação: $O_3 + UV (\lambda < 320 \text{ nm}) \rightarrow O_2^* + O^*$ (4). A combinação dos processos acima referidos de formação do ozônio pela ação da radiação UV e moléculas de O₂ (Eq. 3) e sua destruição pela UV formando átomos de oxigênio por um lado e, por outro (Eq. 4), usando esses átomos para formar moléculas de O₂, é o chamado *Ciclo de Chapman*.

Processos catalíticos de destruição do ozônio: várias são as espécies atômicas ou moleculares que removem um átomo de oxigênio da molécula de O₃, denominadas ‘catalisadores da depleção da camada de ozônio’. Produzem o *ozônio desejável* devido à proteção que exerce, filtrando/ absorvendo radiação energética, que tem efeitos deletérios à biosfera -(em oposição ao indesejável, que é o O₃ da troposfera – dada a sua toxicidade às plantas e organismos). Principais catalisadores: OH•, CH₃•, CF₂Cl•, H₃COO•, H₃CO•, ClOO•, ClO•, HCO•, e NO•., conforme quadro abaixo:

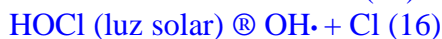
Figura 5.3: Controle da concentração de gases traços pela fotoquímica dos radicais hidroxila.



(Qnesc, p. 44). A fotoquímica dos radicais livres hidroxila exerce forte controle na taxa que muitos gases traços são oxidados e removidos da atmosfera. Os processos mais importantes no controle da concentração do radical hidroxila estão abaixo da linha pontilhada deste quadro. Aqueles que têm efeitos desprezíveis sobre os níveis de OH- mas que são importantes no controle das concentrações dos reagentes e produtos estão marcados em azul claro. Os círculos indicam os reservatórios ou estoques na atmosfera. As setas indicam as reações de conversão entre as espécies com os reagentes ou fótons necessários para ocorrerem. As reações de vários passos consistem de duas ou mais reações intermediárias. HX=HCl, HBr, HI ou HF. C_xH_y denota hidrocarbonetos.

Outras reações ocorrem entre o ozônio e átomos de cloro e bromo (radicais), em reações que envolvem a fotodecomposição do cloro metano ou por ataque de radicais hidroxila a estas moléculas que têm como fonte natural as interações entre os íons cloreto dos oceanos com a vegetação em decomposição, que resultam na destruição do ozônio.

O buraco da camada de ozônio. Espécies cataliticamente não ativas na forma de HCl e de ClONO₂ são fotoconvertidas em radicais Cl• e ClO• (ver principais equações químicas abaixo) em um mecanismo complexo que destrói o O₃, criando o que se convencionou chamar pelos cientistas de ‘buraco na camada de ozônio’.



A conversão ocorre na superfície de partículas (frias) de água, ácidos sulfúrico e nítrico (este formado pela interação entre radicais hidroxila e NO₂ gasoso). Esse mecanismo é

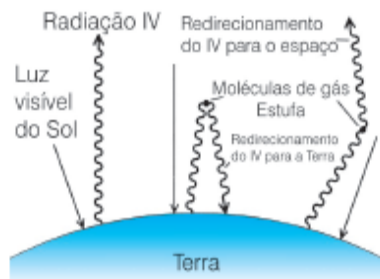
responsável por cerca de três quartos da destruição do ozônio. Um outro mecanismo de destruição envolve átomos de bromo e a formação de radicais BrO•.

O efeito estufa e os gases estufa. *Efeito estufa* é o aumento da temperatura da atmosfera global, pelos “gases estufa”: vapor d’água, CO₂ e CH₄ (metano), capazes de reter o calor do Sol na troposfera terrestre. Atualmente, a temperatura média da Terra é cerca de 4 graus Celsius acima do que era na última idade do gelo (13 mil anos atrás). Os processos sumidouros de metano na natureza são as interações com o solo, perdas do gás à estratosfera e a mais importante é a reação com radicais hidroxila, que ocorre segundo a equação: $\text{CH}_4 + \text{OH}\cdot \rightarrow \text{CH}_3\cdot + \text{H}_2\text{O}$.

Óxido nitroso e os clorofluorcarbonetos. O N₂O é outro gás estufa de grande significado, 206 vezes mais efetivo na absorção da radiação IV do que o CO₂. Equação: $\text{N}_2\text{O} + \text{O} \rightarrow 2\text{NO}$ que por sua vez destrói moléculas de O₃ segundo a equação $\text{O}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$ onde novas moléculas de NO são reconstituídas através da reação $\text{NO}_2 + \text{O} \rightarrow \text{NO} + \text{O}_2$.

Não fosse pelo anulamento do efeito estufa dos CFC’s que têm um poder de absorção de radiação bem maior que o das moléculas do CO₂, anulamento este, que ocorre pelo efeito do resfriamento da estratosfera onde agem na destruição de moléculas do ozônio, os CFC’s seriam gases estufa muito importantes. Portanto, o efeito líquido final dos CFC’s no aquecimento global, é pequeno. As previsões para o futuro ficam por conta de uma provável diminuição da emissão desses gases usados em refrigeração (ar condicionado, geladeiras e *freezers*) que o protocolo de Montreal postulou o banimento nos países desenvolvidos em 1995. Os compostos substituidores dos CFC’s - os HCFC’s e HFC’s – têm tempos de residência menores na natureza, além de absorverem menos eficientemente a radiação IV.

Figura 5.4 Esquema de funcionamento do efeito estufa



Poluição ambiental interna (indoor pollution). Ocasionalmente pelos formaldeídos (H₂C=O), presentes na fumaça dos cigarros e alguns plásticos sintéticos, intermediários do processo de oxidação do metano e de outros compostos orgânicos voláteis (COV) e são cancerígenos.

Amostragens de ar: análises químicas, padrões de emissão e legislação. A poluição do ar é prejudicial à saúde humana e é medida por um período de tempo fixo (*time-weighted averages*).

Os padrões de qualidade do ar e as respectivas metodologias empregadas nas análises químicas para as diferentes espécies estipuladas nos padrões nacionais de qualidade do ar

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário µg.m ⁻³	Padrão secundário µg.m ⁻³	Métodos de medição
Partículas totais suspensão	24 h (1)	240	150	amostrador de grandes volumes
	MGA (2)	80	60	
SO ₂	24 h	365	100	pararosanilina
	MAA (3)	80	40	
CO	1 h (1)	40.000	40.000	infravermelho não dispersivo
	8 h	35 ppm	35 ppm	
		10.000	10.000	
		(9 ppm)	(9 ppm)	
O ₃	1 h (1)	160	160	quimiluminescência
Fumaça	24 h (1)	150	100	refletância
	MAA (3)	60	40	
Partículas inaláveis	24 h (1)	150	150	separação inercial/filtração
	MAA (3)	50	50	
NO ₂	1 h (1)	320	190	quimiluminescência
	MAA (3)	100	100	

Determinações instantâneas de concentrações. Podem ser feitas através de leituras diretas em instrumentos, utilizando técnicas *spectrométricas*, como a quimiluminescência, infravermelho e fluorescência, pela *cromatografia gasosa*, entre outras.

Padrões de emissão e legislação. A Resolução CONAMA 003 de 28 de junho de 1990, do IBAMA, estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, ampliando o número de parâmetros anteriormente regulamentados através da Portaria GM n. 0231 de 27 de abril de 1976. Essa legislação define que a coleta de amostras de ar é feita pelo ‘método do amostrador de grandes volumes (Hi-vol) ou método equivalente’. Os padrões primários e secundários de qualidade do ar significam respectivamente concentrações máximas desses poluentes (e que podem afetar a saúde da população) e aquelas desejadas (e que causam um dano mínimo ao bem estar da população). Um outro aliado ao controle da qualidade do ar de grandes cidades é a Resolução CONAMA n. 18 de 6 de maio de 1986, o chamado PROCONVE ou Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Este programa estabelece os limites máximos de emissão para motores e veículos novos, bem como as regras e exigências para o licenciamento para fabricação de uma configuração de veículo ou motor e para a verificação da conformidade da produção.

Todos esses instrumentos têm como objetivo melhorar a qualidade de vida da população: “chegará o dia em que saberemos avaliar, valorizar e propor/executar ações corretivas efetivas sobre o risco ecológico de incrementos na concentração de espécies químicas lançadas à atmosfera que coloquem em risco, por menor que seja, a vida do homem e de todos os outros organismos vivos da biosfera”.

CADERNO TEMÁTICO # 2

NOVOS MATERIAIS

Materiais, plural de material (do latim materiale), define genericamente todos os tipos de substâncias químicas, puras ou misturas complexas, usadas pelo homem para construir dispositivos (artefatos, com funções específicas), chegando a tal grau de evolução que permite a construção de dispositivos moleculares. Exemplos: clorofila, dispositivo molecular de conversão de energia e DNA, dispositivo molecular de armazenamento de informações. A distinção entre os materiais se dá pelas suas propriedades diversas e específicas. Neste caderno são abordados: Polímeros sintéticos (p. 5- 8), Polímeros inteligentes (p. 9-12), Vidros e amorfos (p. 13-24) e Peneiras moleculares (p. 25-34).

1) Polímeros Sintéticos

Os polímeros sintéticos são macromoléculas, produzidas pela junção de muitas moléculas pequenas semelhantes. Podem apresentar diferentes tipos de organização: em cadeias lineares ou ramificadas, e em redes. Cada modo de organização produz propriedades especiais, que permitem o uso dos polímeros em objetos de uso pessoal, embalagens, vestimentas, materiais elétricos e optoeletrônicos, casas e automóveis.

O DNA e os polissacarídeos são polímeros naturais, constituídos por macromoléculas. A descoberta das macromoléculas permitiu produzir substâncias macromoleculares como os plásticos, borrachas, tintas e vernizes, poliésteres, polipropileno, polietileno e politetrafluoroetileno que são os polímeros sintéticos.

Como se fazem macromoléculas: a conectividade das substâncias químicas. Moléculas pequenas (ex.: açúcar) têm alguns átomos ou dezenas de átomos, mas as macromoléculas são formadas por milhares ou milhões de átomos, reunidos de maneira a formar grandes cadeias, ou redes. Por exemplo, se um ácido carboxílico reage com um álcool, forma-se um éster (Figura 1). Porém, se uma molécula com duas carboxilas reagir com um diálcool, forma-se uma macromolécula formada pela junção de muitas partes semelhantes (que chamamos de polímero): é um poliéster (Figura 2). Este pode ser cíclico ou linear, como o PET, ou poli(tereftalato de etileno), amplamente usado para fabricar garrafas de bebidas e outros frascos, fibras têxteis, filmes para transparências e embalagens e peças de engenharia. Também podemos fazer reagir um ácido dicarboxílico com um triálcool (por exemplo, a glicerina). Neste caso, resulta uma rede tridimensional, em que as cadeias de átomos estão interconectadas entre si. (p. 5-6)

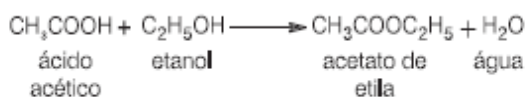


Figura 1: Reação de um ácido carboxílico com um álcool formando um éster.

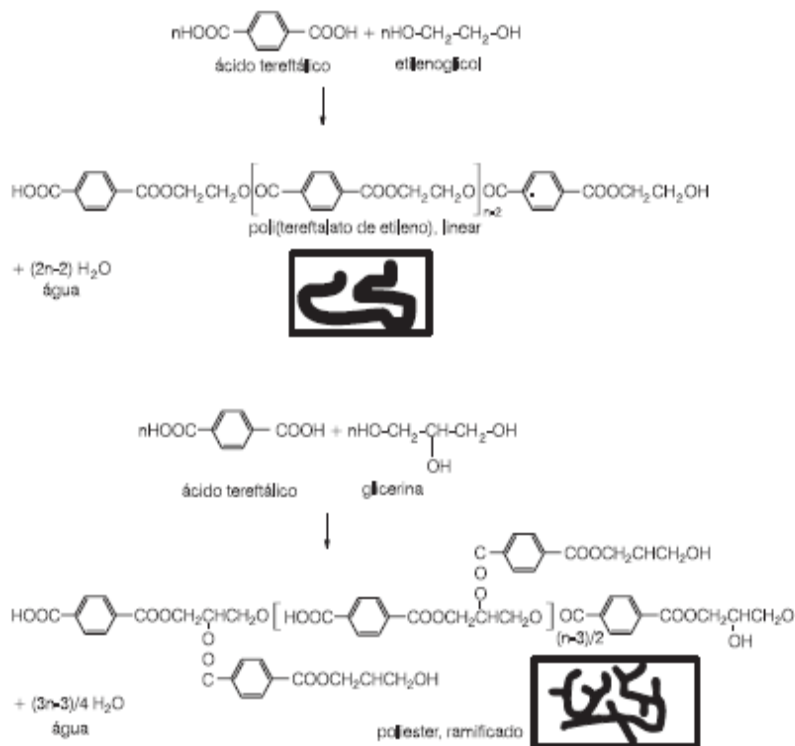


Figura 2: Reação de uma molécula com duas carboxilas com um diálcool, formando uma macromolécula pela junção de muitas partes semelhantes, um poliéster (polímero).

O ácido dicarboxílico e o diálcool têm conectividade 2, porque cada molécula liga-se a duas outras. A glicerina tem conectividade 3, e assim por diante. Açúcares têm muitas hidroxilas, portanto têm conectividade muito alta.

Polímeros de compostos insaturados. Os polímeros fabricados em maior quantidade são o resultado da transformação de moléculas insaturadas em cadeias, lineares ou reticuladas, possuindo ligações duplas, podendo ser transformadas em macromoléculas como no caso do etileno, representado na Figura 3. Sob a ação de um iniciador ou catalisador, a dupla ligação do etileno é aberta e os seus elétrons formam duas ligações simples com outras moléculas, conectando-se a elas. Estas reações produzem cadeias lineares ou ramificadas, que podem ainda ser transformadas em redes por outras reações, formando um grande número de polímeros: ceras moles, até sólidos muito rígidos (implantes ortopédicos).

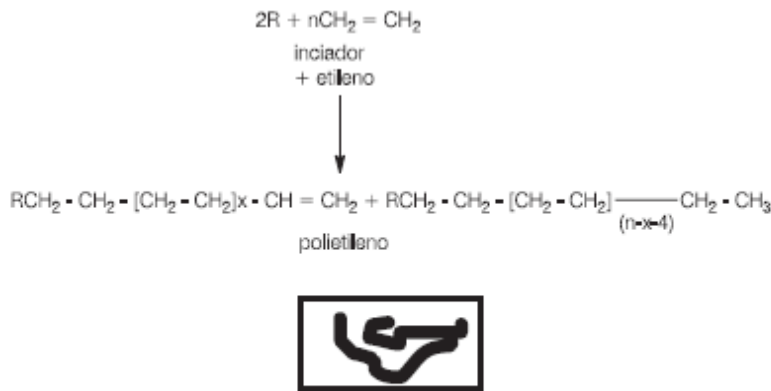


Figura 3: Sob a ação de um iniciador ou catalisador, a dupla ligação do etileno é aberta e os seus elétrons formam duas ligações simples com outras moléculas, conectando-se a elas, formando então o polietileno.

Propriedades de redes tridimensionais. São obtidas propriedades mecânicas muito interessantes com a formação de uma rede tridimensional, ao invés de apenas entrelaçar as cadeias, como por exemplo, a resistência da borracha do pneu, formada por cadeias carbônicas de poli-isopreno e polibutadieno, todas conectadas entre si por ligações covalentes (reticuladas). Outro exemplo é o das resinas fenólicas como a baquelite, que resistem muito bem a altas temperaturas e por isso são usadas em cabos de painéis, ou dos adesivos de epóxi.

As cadeias lineares ou reticuladas podem ser moles, rígidas ou flexíveis. Algumas características das macromoléculas dependem muito da facilidade de se alinhar as cadeias. São fáceis de alinhar quando podem ser dobradas, desdobradas e torcidas com facilidade, como as cadeias que formam o polietileno e as siliconas. Por outro lado, as presenças de grupos laterais volumosos e de duplas ligações nas cadeias diminuem a sua flexibilidade: no poliestireno, os volumosos grupos fenílicos esbarram uns nos outros, dificultando a movimentação das cadeias, e isto torna o plástico rígido.

Macromoléculas são sempre rígidas em baixas temperaturas, e flexíveis em altas temperaturas, devido ao comportamento da energia cinética dos átomos. Um sólido formado por macromoléculas rígidas é um vidro de polímero, como o acrílico usado para fazer régua, painéis e enfeites. Um sólido formado por macromoléculas flexíveis é viscoelástico, ou uma borracha: é viscoso, porque escoar como um fluido, mas elástico porque tende a recuperar sua forma original. Cada substância formada por macromoléculas tem uma temperatura de transição vítrea, na qual passa de rígida para flexível, e vice-versa.

Transformando substâncias orgânicas poliméricas em objetos. Podem ser produzidos tubos, filmes, fios, tecidos, revestimentos, peças moldadas com muito maior facilidade que os sólidos inorgânicos iônicos ou os metais, por diversos processos: extrusão, injeção, moldagem por compressão, rotomoldagem, sopro e formação a vácuo, dentre outros. O impacto da descoberta recente de polímeros condutores de eletricidade na construção de dispositivos elétricos promete ser tão grande que alguns especialistas já afirmam que o Vale do Silício, na Califórnia, poderá vir a ser chamado no futuro de Vale do PPV (poliparafenilenovinileno, que poderá substituir o silício em muitas de suas aplicações).

]

O ciclo de vida dos materiais poliméricos. Plásticos e borrachas também causam problemas ambientais, pois são muito duráveis, embora não sejam tóxicos.

2) Plásticos Inteligentes

Neste artigo descreve-se esta classe de materiais mostrando a sua constituição química, dando algumas informações sobre a sua história e forma de obtenção. Descreve-se a razão pela qual eles são chamados de “inteligentes”. Discutem-se ainda as aplicações mais importantes para estes materiais, ou seja, a montagem dos chamados dispositivos eletrocromicos, eletromecânicos e fotoeletroquímicos.

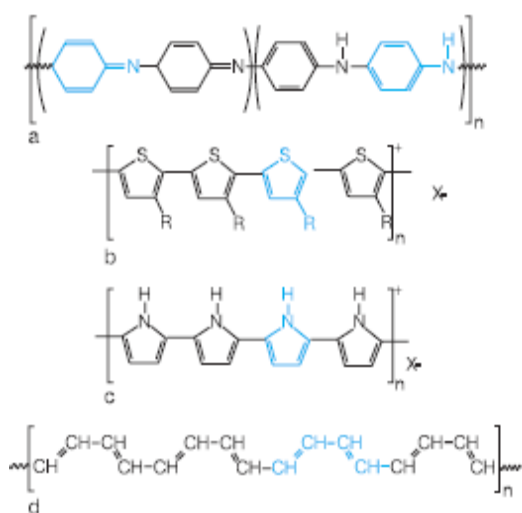


Figura 1: Estrutura química dos plásticos inteligentes mais comuns. As partes assinaladas em azul representam as unidades repetitivas.

Existem em três grandes classes de polímeros: homopolímeros, copolímeros e blendas. Os homopolímeros são constituídos de um único tipo de *meros* (unidades iguais que se repetem ao longo da cadeia polimérica) e os copolímeros são compostos de dois ou mais *meros* diferentes. As blendas são obtidas pela mistura de um ou mais homo ou copolímeros diferentes, produzindo um terceiro material polimérico com propriedades diferentes dos seus componentes isolados.

Os “plásticos inteligentes” são diferentes dos polímeros sintéticos convencionais, pois “*eles respondem a um determinado estímulo de forma reprodutível e específica*”, como por exemplo, estímulo elétrico, contração mecânica, reação de redução ou oxidação, ou ainda, presença de gás.

A classe de plásticos inteligentes mais estudada atualmente é constituída pelos chamados “polímeros eletroativos” ou “polímeros condutores eletrônicos”, ou ainda “polímeros conjugados”. Os polímeros eletroativos podem ser oxidados ou reduzidos reversivelmente em processos químicos ou eletroquímicos. São constituídos de cadeias de átomos de carbono com ligações duplas (C=C) alternadas com ligações simples (C-C), chamadas de ligações duplas conjugadas. A estrutura protótipo desta classe de materiais é o poli(trans-acetileno), que contém somente átomos de carbono e de hidrogênio (Figura 1a).

O modelo de bandas prevê para o poliacetileno a formação de uma banda semi-preenchida, o que lhe daria um comportamento metálico. No entanto, o Teorema de Peierls explica que a forma termodinamicamente mais estável de um sólido unidimensional é aquela na qual o material se comporta como semicondutor. Esse é o comportamento observado para o poliacetileno puro. O poliacetileno, no entanto, é muito pouco estável ao ambiente e reage rapidamente com o oxigênio do ar, oxidando-se.

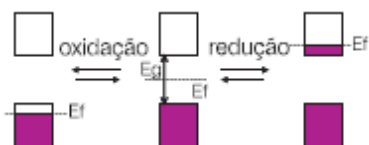


Figura 2: Modelo de Bandas para o poliacetileno e seu processo de oxidação ou redução.

Outra classe de polímeros inteligentes é constituída pela polianilina e seus derivados. Com o monômero anilina obtém-se um polímero eletroativo pela polimerização química ou eletroquímica em meio fortemente ácido. A estrutura da unidade repetitiva deste polímero também é mostrada na Figura 1d.

Aplicações para os plásticos inteligentes. Como estes materiais são eletroativos, para usá-los é necessário construir um cela eletroquímica de um compartimento e dois eletrodos, como mostrado na Figura 3.

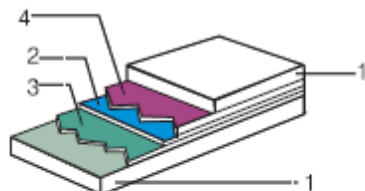


Figura 3: Esquema de uma cela eletroquímica ou dispositivo: 1- eletrodos (vidro ou PET recoberto com óxido de Índio), 2 - eletrólito (líquido ou polimérico) e 3 e 4 - polímeros eletroativos (dependendo da aplicação, somente um eletrodo é recoberto com um deles).

Dispositivo electrocromico: muda sua cor ou sua transmitância de luz em um certo comprimento de onda a partir de um estímulo elétrico. Utilizado em janelas de edificações, para controlar a quantidade de luz que entra em um cômodo, ou para construir mostradores ópticos do tipo de *displays* ou, ainda, em espelho retrovisor antiofuscante automático.

Os plásticos inteligentes também podem ser usados em um dispositivo para converter luz em energia elétrica, uma cela fotoeletroquímica. Para isso é preciso combinar um conjunto de polímeros na seguinte sequência: eletrodo transparente de poli(tereftalato de etileno) recoberto com InO₂ (chamado de ITO/ PET), um filme de poli(3-

metiltiofeno), um filme de poli(epicloridrina-co-óxido de etileno) contendo NaI e I₂, um outro eletrodo de ITO/PET recoberto com uma finíssima camada de platina. O poli(3-metil tiofeno) é um polímero que se comporta como um semi-condutor convertendo a energia luminosa em corrente elétrica que é transportada pelos outros materiais.

Se misturarmos um polímero condutor elétrico com um polímero convencional isolante teremos uma mistura binária, pois os dois materiais têm baixa miscibilidade. Desta forma teríamos partículas de material condutor distribuídas em uma matriz isolante. Imaginemos agora que esta matriz isolante seja suficientemente macia para ser deformada até um ponto onde estas partículas entrem em contato. Quanto maior a pressão, maior será a condutividade da mistura.

Os LED (do inglês “*light emitting diode*”) de múltiplas cores são uma aplicação dos polímeros inteligentes. Funcionam ao contrário de uma cela fotoeletroquímica, emitem luz ao receber um impulso elétrico. A cor do LED depende da diferença de energia entre o topo da banda de valência e o fundo da banda de condução do semicondutor usado em sua construção.

Os polímeros inteligentes podem ser usados também para montagem de dispositivos onde o estímulo de uma corrente elétrica seja respondido com um movimento mecânico, da mesma forma como nos músculos de animais. Com estes materiais se poderia substituir os motores que movimentam os braços de robôs industriais, montar micro motores para veículos de exploração espacial e até pensar em montar próteses. Funcionamento: o processo de oxidação e redução de um polímero conjugado cria cargas positivas e/ou negativas no seio do material. Estas cargas têm que ser compensadas com a inserção ou expulsão de íons (cátions ou ânions). Esse “tráfego” de íons se dá com a expansão (inserção) e a contração (expulsão) dos íons do volume livre do polímero, originando seu movimento.

Outra aplicação dos polímeros inteligentes é na construção de músculos sintéticos, resultantes da oxidação de filme de polipirrol contendo um sal inorgânico, produzindo sua expansão. Quando não há mais carga a compensar, o filme se contrai. O sistema todo em forma de sanduíche se movimenta de forma harmônica conforme mostrado na Figura 4. Estes músculos sintéticos ainda não têm a mesma estabilidade química e dimensional de um músculo natural, mas há estudos para aplicá-los desde micro motores até roupas para astronautas.

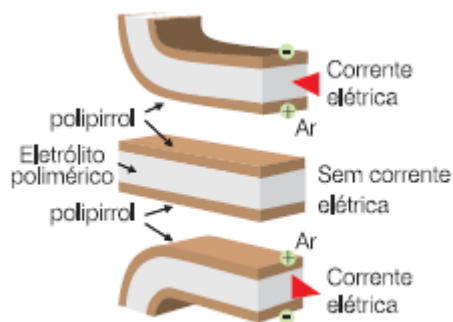


Figura 4: Esquema de funcionamento de um músculo artificial baseado em plásticos inteligentes.

Portanto, os polímeros eletroativos, os plásticos inteligentes, são usados atualmente em aplicações bastante especiais e no futuro serão cada vez mais utilizados.

3) Vidros e amorfos

O desenvolvimento dos vidros enquanto materiais presentes no cotidiano, nas artes e na tecnologia, possui uma longa história. Sua formação de vidros pode se dar pelo método clássico de fusão/resfriamento. A preparação de vidros, do ponto de vista prático, possui aplicações modernas podendo ser reciclados.

Tabela 1: Períodos e regiões onde foram desenvolvidas importantes inovações na arte vidreira antiga.

Período	Região	Desenvolvimento
8000 a.C.	Síria(?)	Primeira fabricação de vidros pelos fenícios
7000 a.C.	Egito	Fabricação dos vidros antigos
3000 a.C.	Egito	Fabricação de peças de joalheria e vasos
1000 a.C.	Mediterrâneo	Fabricação de grandes vasos e bolas
669-626 a.C.	Assíria	Formulações de vidro encontradas nas tábuas da biblioteca do Rei Assurbanipal
100	Alexandria	Fabricação de vidro incolor
200	Babilônia e Sidon	Técnica de sopragem de vidro
1000-1100	Alemanha, França	Técnica de obtenção de vitrais
1200	Alemanha	Fabricação de peças de vidro plano com um dos lados cobertos por uma camada de chumbo - antimônio: espelhos
1688	França	Fabricação de espelhos com grandes superfícies

Tabela 2: Principais estudos e desenvolvimentos dos vidros nos últimos 300 anos.

Data	Estudos e Desenvolvimentos
1765	Início da produção do vidro cristal
1787	Utilização de aparelhos de vidro para o estudo das propriedades físicas dos gases: Lei de Boyle e Charles
1800	Revolução industrial abre nova era na fabricação de vidros. Matérias-primas sintéticas são usadas pela primeira vez. Vidros com propriedades controladas são disponíveis
1840	Siemens desenvolve o forno do tipo tanque, para a produção de vidro em grande escala; produção de recipientes e vidro plano
1863	Processo "Solvay" reduz dramaticamente o preço da principal matéria-prima para fabricação de vidros: óxido de sódio
1875	Vidros especiais são desenvolvidos na Alemanha por Abbe, Schott e Carl Zeiss. A Universidade de Jena, na Alemanha, torna-se o maior centro de ciência e engenharia do vidro. A química do vidro está em sua infância
1876	Bauch & Lomb Optical Company é fundada em Rochester, Nova York. Tem início a fabricação de lentes e outros componentes ópticos
1881	Primeiros estudos sobre propriedade-composição de vidros para a construção de instrumentos ópticos, tais como o microscópio

1886	Desenvolvida por Ashley a primeira máquina para soprar vidro
1915	A Universidade de Sheffield, na Inglaterra, funda o Departamento de Tecnologia do Vidro, hoje chamado Centro para a Pesquisa do Vidro
1920	Griggith propõe a teoria que permite compreender a resistência dos bulbos de vidro, o que levou ao entendimento e aperfeiçoamento da resistência dos vidros
1926	Wood e Gray desenvolveram uma máquina que permite a fabricação de bulbos e invólucros de vidro em grande escala (1000 peças/minuto)
1932	Zachariassen publica seu famoso trabalho sobre a hipótese da rede aleatória e as regras para a formação de vidros no <i>Journal of American Chemical Society</i>
1950-1960	A companhia americana Ford Motor Co. funda o principal centro de pesquisa em vidro. A Ciência do Vidro torna-se sua maior área de pesquisa
1960	Turnbull e Cohen propõem modelo para a formação de vidros, baseado no controle da cristalização através da taxa de resfriamento
1970	A Corning Glass americana produz a primeira fibra óptica de sílica, usando técnicas de deposição de vapor químico para reduzir a atenuação e aumentar o sinal da transmissão
1984	Marcel e Michel Poulain e Jacques Lucas descobrem os primeiros vidros fluoretos em Rennes, na França

Tabela 3: Definições de vidros encontradas em livros-texto publicados na década de 90.

Elliott	[1990]	“Vidros são materiais amorfs que não possuem ordem translacional de longo alcance (periodicidade), característica de um cristal. Os termos amorfo e sólido não cristalino são sinônimos nesta definição. Um vidro é um sólido amorfo que exibe uma transição vítrea.”
Zarzycki	[1991]	“Um vidro é um sólido não cristalino exibindo o fenômeno de transição vítrea.”
Doremus	[1994]	“Vidro é um sólido amorfo. Um material é amorfo quando não tem ordem a longa distância, isto é, quando não há uma regularidade no arranjo dos constituintes moleculares, em uma escala maior do que algumas vezes o tamanho desses grupos. Não é feita distinção entre as palavras vítreo e amorfo.”
Varshneya	[1994]	“Vidro é um sólido que tem a estrutura do tipo de um líquido, um sólido “não cristalino” ou simplesmente um sólido amorfo, considerando a característica de amorfo como uma descrição da desordem atômica, evidenciada pela técnica de difração de raios-X.”
Shelby	[1997]	“Vidro é um sólido amorfo com ausência completa de ordem a longo alcance e periodicidade, exibindo uma região de transição vítrea. Qualquer material, inorgânico, orgânico ou metal, formado por qualquer técnica, que exibe um fenômeno de transição vítrea é um vidro.”

As definições resumidas na Tabela 3 apresentariam uma imprecisão, na medida em que consideram como vidros os sólidos amorfs. Os vidros e os sólidos amorfs seriam duas classes distintas de materiais não cristalinos, uma vez que apresentam diferenças tanto do ponto de vista topológico como do termodinâmico.

Dessa forma, uma definição adequada de vidro é proposta: “um vidro é um sólido não cristalino, portanto, com ausência de simetria e periodicidade translacional, que exhibe o fenômeno de transição vítrea (...), podendo ser obtido a partir de qualquer material inorgânico, orgânico ou metálico e formado através de qualquer técnica de preparação”.

Formação de vidros. A formação de um vidro, pode se dar a partir de um fundido, método mais importante em termos práticos. As teorias de formação vítrea serão brevemente examinadas, tanto pela perspectiva estrutural quanto do ponto de vista cinético.

Formação de vidro a partir de um fundido. Os vidros convencionais são produzidos tradicionalmente através do método de fusão/resfriamento. Quando as matérias-primas de um vidro se encontram fundidas, suas estruturas guardam grandes semelhanças com aquelas de um líquido. Contudo, na medida em que ocorre o resfriamento, o arranjo estrutural interno do material fundido pode trilhar diferentes caminhos, de acordo com a taxa de resfriamento utilizada. Como mostra a Figura 1, um parâmetro conveniente para lançar alguma luz sobre o que ocorre internamente, durante tal processo, é a *variação do volume*.

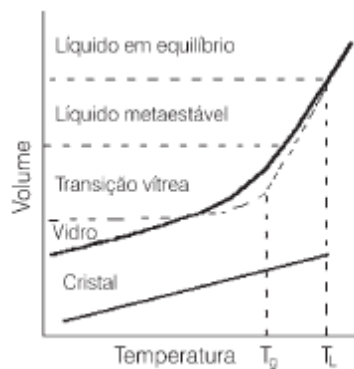


Figura 1: Mudança de volume durante o resfriamento de um líquido. Se o aparecimento de cristais ocorrer facilmente, o volume diminuirá de maneira brusca na temperatura TL. Por outro lado, na ausência de cristalização, o líquido permanecerá em equilíbrio metaestável até atingir a Tg, quando os rearranjos estruturais passarão a ser cineticamente impedidos. Contudo, o volume abaixo da Tg continuará a diminuir, como consequência das menores amplitudes de vibração dos átomos em torno de suas posições fixas.

Ao ser resfriado abaixo de sua temperatura de líquido (TL), um fundido atravessa uma região de equilíbrio metaestável, ou seja, uma situação de equilíbrio termodinâmico incipiente, o qual pode ceder frente a pequenas perturbações podendo, por exemplo, cristalizar-se. Durante o processo de cristalização, faz-se necessário um certo tempo para que as pequenas unidades se orientem, até atingirem as posições adequadas para formar o cristal.

É por isto que um resfriamento rápido faz com que as unidades percam a mobilidade antes de se ordenarem. Se a cristalização não ocorrer, o líquido permanecerá no estado de equilíbrio metaestável, abaixo de TL. Como já mencionado, conforme a temperatura

diminui, aproxima-se de uma condição em que a mobilidade, em nível atômico, dentro do líquido, torna-se bastante reduzida e os átomos fixam-se em suas posições. Tal fenômeno ocorre em uma faixa de temperatura denominada transição vítrea.

De onde viria a capacidade de formar vidro? – Teorias de formação. Verifica-se que certas substâncias têm mais facilidade em se apresentarem no estado vítreo do que outras. Há duas abordagens sobre a formação dos vidros: 1) teorias estruturais: capacidade de formação vítrea a partir de características químicas e estruturais dos formadores clássicos; 2) teorias cinéticas: formação vítrea como sendo uma capacidade de todo e qualquer material, desde que hajam condições adequadas, de evitar a cristalização. Muitas vezes, preparar um vidro não convencional implica no uso de velocidades de aquecimento e resfriamento muitíssimo elevadas, ou mesmo no emprego de métodos de preparação diferentes de fusão/resfriamento.

Teorias estruturais. Descreve a estrutura vítrea de suas unidades formadoras, como resultante de pequenas variações em ângulos e comprimentos das ligações químicas. Ao se atribuir um caráter não cristalino a um vidro, o que se diz, na verdade, é que o material não apresenta um ordenamento periódico (uma porção da estrutura que se repete) a médias e longas distâncias, apresentando apenas um ordenamento a curtas distâncias.

O conceito de ordem a curta distância pressupõe a existência de uma unidade formadora bem definida. Em um vidro de sílica, por exemplo, as cadeias constituem-se de unidades tetraédricas SiO_4 , todas muito parecidas entre si, e ligadas umas às outras formando cadeias. Entretanto, não é possível localizar cadeias de tetraedros SiO_4 , que estejam dispostas todas da mesma maneira, como se fossem repetições umas das outras. A capacidade de uma substância de incorporar estas pequenas variações, em uma situação de viscosidade alta o suficiente para que as unidades não se ordenem em um arranjo cristalino, está diretamente ligada à facilidade de formar vidro.

Formação de vidros óxidos. Vidros com fórmula geral R_nO_m formam-se mais facilmente quando a razão dos raios iônicos do cátion R e do oxigênio se encontra na faixa entre 0,2 e 0,4, tendendo a produzir cátions circundados por quatro átomos de oxigênio, em uma configuração tetraédrica. Os óxidos que formam mais prontamente um vidro, ao invés de se cristalizarem, exibem capacidade de formar cadeias, na forma de conjuntos de tetraedros, conectados entre si pelos vértices, o que pode ocorrer nas formas cristalinas. No vidro, estas perdem a simetria e a periodicidade. Desse modo, a formação de cadeias constitui uma condição fundamental para a existência de um vidro e as formas de arranjo ao redor dos átomos da rede. Nenhum átomo de oxigênio deveria estar ligado a mais do que dois cátions da rede, posto que as coordenações de mais alta ordem impediriam as variações nos ângulos das ligações cátion-oxigênio, necessárias à formação de uma rede não cristalina. A estrutura dos vidros óxidos é formada apenas por cátions de rede em coordenação triangular (B_2O_3) ou tetraédrica (SiO_2 , P_2O_5 , GeO_2), havendo uma tendência destas estruturas a que os cátions se localizassem tão afastados uns dos outros quanto possível.

Teorias cinéticas de formação de vidros. A formação de vidro pode ser considerada em termos de uma competição entre as velocidades de cristalização e de resfriamento. Formalmente, o termo cristalização se refere à combinação de dois processos: nucleação e crescimento, que podem ocorrer simultaneamente. A etapa de nucleação tem lugar

quando o sistema começa a se ordenar em alguns pontos, chamados núcleos. O impedimento do crescimento pode acarretar a existência de núcleos com tamanho muito reduzido, a ponto de não serem detectados, mas o material, em termos práticos, ainda poderá ser considerado um vidro. Neste contexto, as velocidades de nucleação e crescimento, juntamente com a taxa de resfriamento, determinam se um vidro é ou não formado. A viscosidade dos fundidos é claramente um fator importante na formação vítrea. A cristalização será fortemente impedida se o fundido apresentar uma viscosidade alta na temperatura de fusão. Alternativamente, se, ao invés de uma viscosidade alta do fundido, este apresentar uma variação rápida da viscosidade com a temperatura, um efeito análogo àquele de uma viscosidade alta será observado. Outros fatores que favorecem a formação dos vidros merecem destaque os elevados valores da razão T_g/T_L (Figura 1). Entra em jogo um fator chamado tensão interfacial, que representa uma espécie de força de repulsão, existente na fronteira entre duas fases quimicamente diferentes. Enquanto a habilidade para formar um vidro é definida em termos da resistência à cristalização durante o resfriamento de um fundido, a estabilidade do vidro, por outro lado, é a resistência à cristalização durante o reaquecimento do vidro. Esta última se torna importante nos processos que envolvem a remodelagem de um vidro já pronto, tais como o processamento de fibras ópticas. Embora estas duas propriedades não sejam idênticas, são confundidas com certa frequência e, nem sempre, um vidro produzido a partir de um formador fraco será um vidro com uma baixa resistência à cristalização.

Como são preparados os vidros? A maioria dos vidros é produzida pela fusão dos seus componentes, em elevadas temperaturas. Este procedimento envolve: seleção de matérias-primas, cálculo das proporções relativas de cada componente, pesagem e mistura dos componentes para obtenção de um material de partida homogêneo. Durante o processo inicial de aquecimento, as matérias-primas passam por uma série de transformações físicas e químicas para produzir o fundido. A conversão deste em um líquido homogêneo pode requerer outros processamentos, incluindo a remoção de componentes não fundidos, impurezas, bolhas e a agitação.

Os materiais constituintes de um vidro podem ser divididos em cinco categorias, tomando-se por base a função que desempenham no processo: formador, fundente, agente modificador, agente de cor e agente de refino. O mesmo composto pode ser classificado em diferentes categorias quando utilizado para diferentes propósitos. A alumina (Al_2O_3), por exemplo, atua como formador em vidros aluminatos, mas é considerada um modificador na maioria dos vidros silicatos.

Os *formadores* de vidro: formam a rede tridimensional estendida aleatória: SiO_2 (sílica), B_2O_3 e P_2O_5 . Os *fundentes* reduzem a temperatura de processamento para valores inferiores a $1600\text{ }^\circ C$, sendo os mais comuns os óxidos de metais alcalinos (lítio, sódio e potássio) e o PbO . A degradação das propriedades é usualmente controlada pela adição de *agentes modificadores*, os quais incluem os óxidos de metais de transição e de terras raras e, principalmente, a alumina (Al_2O_3). Os *agentes de refino* removem bolhas geradas no fundido, sendo utilizados em quantidades muito pequenas ($<1\%$ mol). Incluem-se aí os óxidos de antimônio e arsênio, KNO_3 , $NaNO_3$, $NaCl$, CaF_2 , NaF , Na_3AlF_6 e alguns sulfatos. Os *agentes de cor*, são utilizados para conferir cor aos vidros, pela adição de compostos de metais de transição 3d ou de terras raras 4f. Contudo, a cor final obtida depende do estado de oxidação do metal, da sua concentração, da composição do vidro e do tratamento térmico ao qual foi submetido.

Após a obtenção do fundido como um líquido homogêneo, a produção de produtos comerciais requer a obtenção dos vidros em formatos específicos. Essa etapa do processamento é denominada moldagem do vidro, a qual pode ser feita por quatro métodos principais: sopro, prensagem, fundição e estiramento ou flutuação.

Depois de moldados os vidros são submetidos a um processo denominado recozimento e, em alguns casos, também a um processo de têmpera. O recozimento tem por finalidade remover as tensões que podem ser criadas na moldagem. Um vidro não recozido pode estilhaçar-se devido à tensão resultante do resfriamento desigual. O recozimento é feito em temperaturas inferiores à temperatura de transição vítrea. A têmpera, por outro lado, é um processo pelo qual um vidro já pronto é reaquecido até tornar-se quase maleável. Sob condições cuidadosamente controladas, o vidro é subitamente resfriado por rajadas de ar frio ou pela imersão em óleo. Tal processo aumenta enormemente sua resistência mecânica.

Aplicações dos vidros.

- “Soda”-silicato: agentes complexantes em detergentes sintéticos e em banhos de limpeza para metais;
- “Soda-lime” silicato: invólucros de lâmpadas incandescentes, garrafas, janelas, isolantes elétricos, blocos de vidro para construção, embalagens de alimentos e fármacos etc.;
- Borossilicato: instrumentos de laboratório (béqueres, pipetas, buretas, kitassatos, dessecadores, tubos de ensaio).
- Aluminossilicato: fibras de vidro (reforço de plásticos e concreto), isolamento com fibras de vidro resistentes à hidrólise, lã de vidro (isolante térmico), fabricação de filtros, roupas e cortinas a prova de fogo, tampos de fogões, invólucros de lâmpadas de mercúrio de alta pressão, vidros do tipo opalina (contém 5,3% de fluoretos e apresentam aspecto leitoso), em louças e objetos de decoração e para visualizar chapas de raios-X;
- Silicato de chumbo: “cristal”, jogos de utensílios de mesa e em peças artísticas, (fácil gravação e polimento); instrumentos ópticos (lentes, prismas), tubos de TV, anteparos para blindagem de radiação γ e como vidro para solda;
- Alta Sílica: teor de SiO_2 superior a 96% e elevada resistência química e térmica (fundem em torno de 2000 °C), usados em equipamentos especiais de laboratório, cadinhos, recipientes para reações a altas temperaturas, invólucros para lâmpadas de altas temperaturas e pré-formas para fibras ópticas.

Tabela 4: Composição das principais famílias de vidros a base de sílica.

Tipo do vidro	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	B_2O_3	Al_2O_3	PbO
I. “Soda”-silicato ^a (<i>water glass</i>)	Composição variável razão $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O}$ de 1,6 a 3,7							
II. “Soda-lime” ^b silicato (<i>lime glass</i>)	72,1	21,1	–	2,8	–	–	2,0	–
	72,1	14,0	–	9,9	3,2	–	0,3	–
III. Borossilicato	81,0	4,5	–	–	–	12,5	2,0	–
IV. Aluminossilicato	54,5	–	–	17,5	4,5	10,0	14,0	–
	59,0	11,0	0,5	16,0	5,5	3,5	4,5	–
	65,8	3,8	–	10,4	–	–	6,6	–
V. Silicato de chumbo	56,0	2,0	13,0	–	–	–	–	29,0

	3,0	–	–	–	–	11,0	11,0	75,0
	5,0	–	–	–	–	10,0	3,0	62,0
VI. Alta sílica	96,7	–	–	–	–	2,9	0,4	–
	99,9	–	–	–	–	–	–	–

^a soda (do inglês) = Na₂O; ^b lime (do inglês) = CaO.

Reciclagem de vidros. É viável, considerando:

- recipientes de vidro são relativamente fáceis de serem limpos, esterilizados e reutilizados;
- vidros podem ser facilmente transformados em “cacos” e adicionados aos fornos para a produção de novas embalagens (garrafas, vidros para medicamento, etc.). Este procedimento aumenta não só a vida útil dos fornos, como leva a uma redução nos custos de produção;
- vidros são produzidos utilizando-se como matéria-prima areia, carbonato de cálcio e outras substâncias, extraídas da natureza por processos que acabam descaracterizando o ambiente e causando o esgotamento dos recursos minerais;
- reciclar e reutilizar vidros poderá contribuir para a matriz energética nacional através da economia de enormes quantidades de energia, visto que para produzir 1 kg de vidro novo são necessários 4500 kilojoules, enquanto que para produzir 1 kg de vidro reciclado necessita-se de 500 kilojoules.

4) Peneiras Moleculares: selecionando as moléculas por seu tamanho

Peneiras moleculares são sólidos com porosidade definida e com capacidade de distinção de moléculas por suas dimensões e geometrias. Neste artigo, são discutidos a origem destes materiais na natureza e o desenvolvimento de peneiras moleculares em laboratório; suas propriedades e reatividade em função de sua composição química e de sua estrutura cristalina, bem como o desenvolvimento das peneiras moleculares mesoporosas. Diversos exemplos de aplicações usando zeólitos e peneiras moleculares em geral são discutidos, a fim de ilustrar a importância e o potencial tecnológico destes materiais.

Os minerais porosos formam-se em condições de altas temperaturas e pressões, possuindo, em sua composição, átomos de silício e alumínio, ligados por átomos de oxigênio, arranjados em uma estrutura cristalina. Os zeólitos apresentam poros com aberturas de até 20 Å e, por isso, são chamados microporosos.

As estruturas dos zeólitos. Composta pelo encadeamento de unidades TO₄, onde T é um átomo de silício ou alumínio, coordenado por quatro átomos de oxigênio em geometria tetraédrica. A maneira de encadear os tetraedros TO₄ gera as diferentes unidades secundárias de construção, USC, que são o nível seguinte de organização de uma estrutura zeolítica. A Figura 1 mostra as USC principais, encontradas na maioria dos zeólitos.

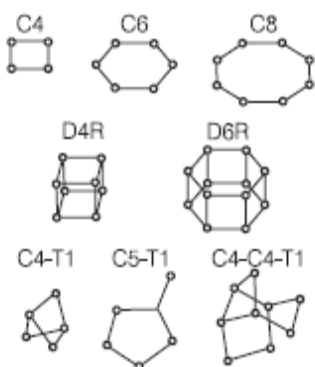


Figura 1: Unidades secundárias de construção, USC. As letras C designam ciclos, D significam anéis duplos, isto é, dois ciclos unidos, e as letras T significam um tetraedro isolado, como em C5-T1, ou que completa um outro ciclo, como em C4-T1.

As USC agrupam-se em poliedros, alguns deles característicos de certas famílias de zeólitos. Esses poliedros são também conhecidos como cavidades (Figura 2).

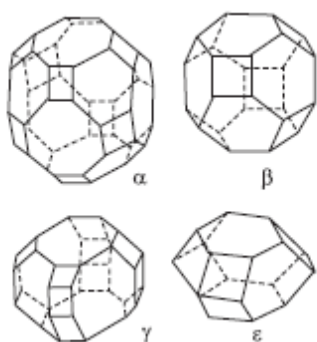


Figura 2: Algumas unidades polédricas de construção.

A α -cavidade é um cubo-octaedro truncado e a cavidade β , ou cavidade sodalita, é um octaedro truncado. A γ -cavidade tem também o nome de cavidade gmelinita e a cavidade ϵ é também nomeada cavidade cancrinita. As denominações sodalita, gmelinita e cancrinita referem-se aos primeiros zeólitos conhecidos, cujas estruturas apresentam estas cavidades. Nas Figuras 1 e 2 foi feita uma simplificação para melhor entendimento das estruturas: cada vértice dos polígonos ou poliedros tem um átomo de silício ou alumínio e aproximadamente no meio das arestas encontra-se um átomo de oxigênio. A Figura 3a mostra a estrutura do zeólito natural faujasita. É possível observar a existência de anéis de quatro membros e de seis membros, de cavidades sodalita, além de prismas hexagonais. A conexão das cavidades sodalita através de suas faces hexagonais e por prismas permite o aparecimento de uma supercavidade, ou a-cavidade, com 13 Å de diâmetro e uma janela de acesso de 8 Å. Duas outras opções de conexão das cavidades sodalita são possíveis: pelas faces quadradas através de um prisma quadrado, ou diretamente pelas faces quadradas, sem o prisma. A primeira gera o zeólito A, sintético sem análogo natural, com janelas de 4 Å (Figura 3b), e a segunda produz o mineral sodalita (Figura 3c), que também pode ser preparado em laboratório. A Figura 4 mostra o mineral sodalita bruto, a sodalita natural polida e a sodalita sintética.

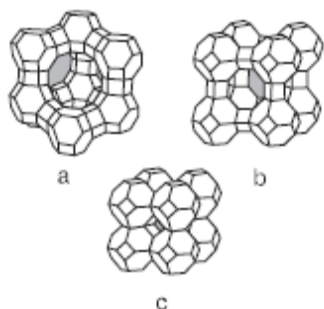


Figura 3: Estruturas de alguns zeólitos. a. a estrutura da faujasita natural ou dos zeólitos X e Y sintéticos; b. estrutura do zeólito A, sintético; c. a estrutura da sodalita.



Figura 4: Sodalita: mineral bruto, à esquerda; no centro, sodalita polida e à direita uma amostra de sodalita sintética.

Os esforços iniciais da pesquisa sobre cristalização resultaram nos aluminofosfatos, $ALPO_4$. A adição de silício resultou nos silicoaluminofosfatos, SAPO, sendo os mais importantes o SAPO-5 e o SAPO-11. A discriminação de moléculas baseada nas dimensões moleculares é o efeito de peneiramento molecular, resultante da estrutura cristalina rígida desses materiais, com poros de dimensões homogêneas e periodicamente distribuídos. Na família dos zeólitos ZSM-5 e ZSM-11, as estruturas são formadas por empilhamento de lâminas.

E o que fazer com as moléculas maiores? O zeólito natural cabazita foi estudado quanto a sua potencial utilização na separação e purificação do ar. Os sítios ácidos de zeólitos passaram a ser utilizados em reações de craqueamento de hidrocarbonetos de alta massa molecular, com o objetivo de substituir os catalisadores petroquímicos de craqueamento convencionais, que eram constituídos principalmente de sílica/alumina amorfas. Buscou-se também desenvolver métodos de síntese, produzindo aluminofosfatos, metaloaluminofosfatos, silicoaluminofosfatos, germanatos, estanatos, metalossilicatos, aluminogermanatos e muitas outras composições.

Em pouco tempo, foi reconhecido que os processos intrazeolíticos, altamente seletivos, deveriam estar disponíveis para espécies de maiores dimensões moleculares, como o VPI-5 (*Virginia Polytechnic Institute number 5*, Davis *et al.* 1989), um aluminofosfato cristalino, microporoso, com poros monodimensionais, com um diâmetro de abertura de poros de 12 Å.

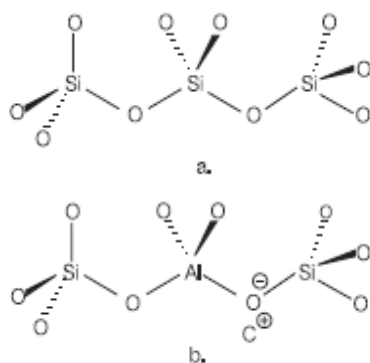
Posteriormente, foi sintetizada a cloverita, um galoaluminofosfato, com cavidades de 30 Å, muito acima do diâmetro de cavidades conhecido até então. Existem nos poros quatro grupos OH que se projetam em direção ao centro, restringindo o diâmetro livre de passagem de moléculas para 13 Å. Outra desvantagem desse material é sua baixa estabilidade térmica e química devida à ligação Ga-O.

Em 1992 foram sintetizadas peneiras moleculares com poros realmente maiores, denominadas peneiras moleculares mesoporosas: M41S (*Mobil 41: Synthesis*) e é composta por três membros: 1) arranjo hexagonal de tubos paralelos (MCM-41 - *Mobil Composition of Matter*); 2) arranjo cúbico, MCM-48; 3) sólido lamelar. Mede entre 15 a 100 Å, cobrindo uma grande parte na faixa de mesoporosidade.

Uma diferença importante entre essas peneiras moleculares mesoporosas e as microporosas e zeólitos está na organização das paredes desses materiais. As paredes dos tubos e poros dos materiais mesoporosos não têm uma organização igual à dos microporosos, isto é, enquanto nos materiais microporosos era possível definir uma célula unitária e posições cristalográficas, nos materiais mesoporosos a única organização é a geometria tetraédrica dos átomos T. A partir da unidade TO₄ não existe um arranjo definido de átomos. Esses materiais são ditos ter paredes amorfas, mas não é um material completamente não organizado: existe uma organização hexagonal entre os tubos, que define o MCM-41, e uma organização cúbica entre os poros, que define o MCM-48, por exemplo.

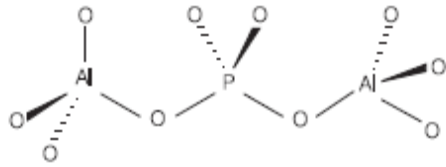
Quanto ao desenvolvimento de AIPOs mesoporosos, grande parte das rotas de síntese investigadas até o momento levaram à obtenção de AIPOs lamelares mesoporosos, cuja estrutura colapsa durante os tratamentos térmicos. A introdução de silício em AIPOs mesoporosos geram materiais de boa qualidade e mais ácidos que os análogos microporosos, intensificando o interesse de aplicação catalítica para estes SAPOs mesoporosos.

A origem da química intrazeolítica. Propriedades: peneiramento molecular, alta capacidade de adsorção, troca iônica e acidez de Brønsted e de Lewis, advindas da substituição isomórfica de íons silício por alumínio, tal como mostrado no Esquema 1.



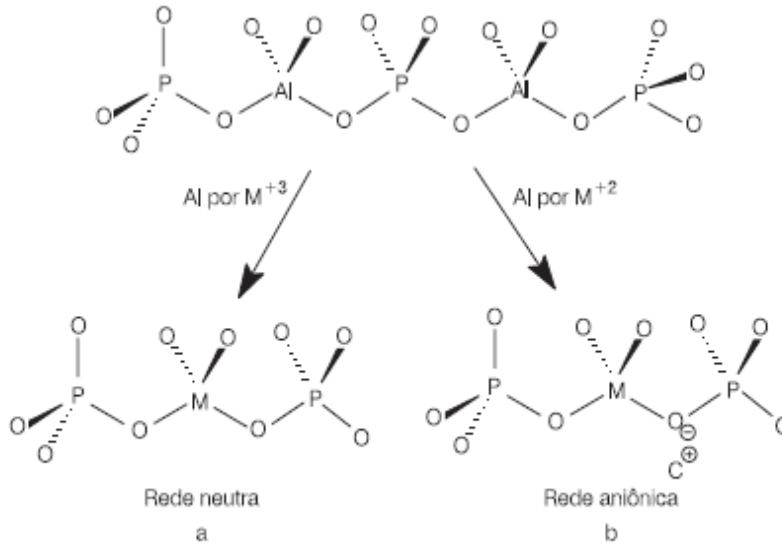
Esquema 1.

Nos aluminofosfatos (Esquema 2), o átomo de alumínio encontra-se na mesma situação que os átomos de alumínio nos aluminossilicatos. Entretanto, cada átomo de fósforo pentavalente é responsável por uma carga positiva na estrutura.



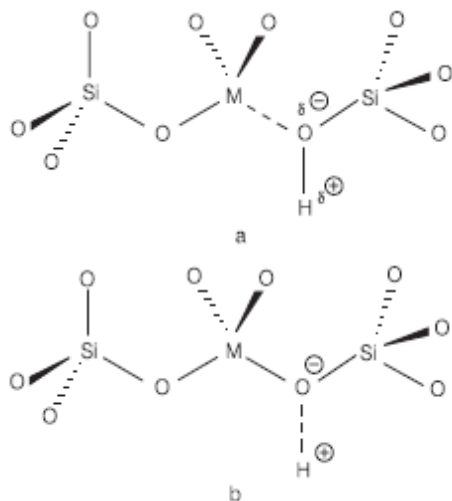
Esquema 2.

A diversidade de substituição nos aluminofosfatos é maior do que nos silicatos. Essa característica advém dos diversos mecanismos possíveis de substituição nesses sólidos (Esquema 3).

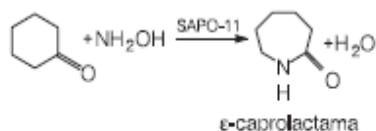


Esquema 3.

A força dos sítios ácidos de Brønsted de uma peneira molecular pode ser modelada de acordo com a composição do sólido, como mostrado no Esquema 4.

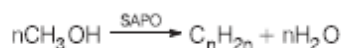


Esquema 4.



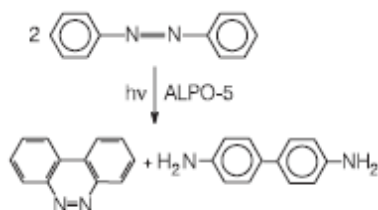
Esquema 5.

Até a década de 1990, somente dois processos industriais implementados utilizavam AIPOs como catalisadores: 1. a isomerização da oxima da cicloexanona à ε-caprolactama sobre SAPO-11, Esquema 5. A caprolactama é a matéria-prima do Nylon-6; 2. a conversão de metanol a alcenos leves sobre SAPOs para produção de plásticos, ou seja, polímeros sintéticos (Esquema 6).



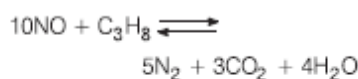
Esquema 6.

A fraca acidez dos AIPOs é às vezes bastante desejável! Uma situação assim é a da fotociclização catalítica de azobenzeno, com formação de benzo(c)cinolina e benzidina (Esquema 7).



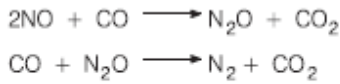
Esquema 7.

Para que a reação fotoquímica tenha início, é preciso que a molécula de azobenzeno seja protonada e o $\text{AlPO}_4\text{-5}$ tenha acidez suficiente para isso, apesar de sua estrutura neutra. Catalisadores muito ácidos não são desejados por levarem a reações paralelas indesejáveis. Nos Esquemas 3 e 4, M pode ser um metal de transição redox.



Esquema 8.

CuAPSOs têm se mostrado catalisadores ativos e termicamente estáveis na redução de NO_x com hidrocarbonetos, mostrado no Esquema 8 para NO e propano. CuAPSO-34 mostrou-se mais ativo que Cu-ZSM-5 (o catalisador mais ativo até então) acima de 700 °C, ou seja, em uma região onde a atividade de Cu-ZSM-5 é comprometida pelo colapso da estrutura (Prakash *et al.*, 1998). CuAPO-5 e CuAPSO-5 são catalisadores muito ativos na redução de NO com CO, mas, nessa temperatura o produto principal não é o N_2 , mas o N_2O , que é um poluente, Esquema 9. Essa é uma das reações envolvidas na eliminação de poluentes que ocorre em catalisadores automotivos.



Esquema 9.

Compostos ocluídos em cavidades/ poros de zeólitos. A possibilidade de peneiramento molecular, bem como a distribuição regular de poros e/ou cavidades dos zeólitos, permite o desenvolvimento de novos sistemas com compostos orgânicos ou inorgânicos ocluídos. Tais sistemas são de grande interesse na obtenção de novos materiais, onde o zeólito é utilizado como molde para a síntese destes, e no desenvolvimento de processos miméticos aos processos enzimáticos naturais.

A preparação de compostos ocluídos em zeólitos pode ser feita por vários métodos:

1. Troca iônica com *clusters* metálicos ou compostos catiônicos;
2. Introdução direta do composto por meio de sublimação;
3. Impregnação a partir de uma solução do composto;
4. Preparação de compostos diretamente nas cavidades zeolíticas, processo conhecido como *ship in a bottle*, que envolve troca iônica e/ou impregnação dos reagentes de interesse. Este método é utilizado, geralmente, quando o composto que se deseja ocluir é maior do que a janela de acesso da cavidade, desta forma, o composto é construído pela organização de partes pequenas, que possam passar pela janela, diretamente dentro da cavidade (Figura 13).

O sistema equilibrado com EDTA se torna capaz de transportar elétrons e produzir H_2 (Figura 5).

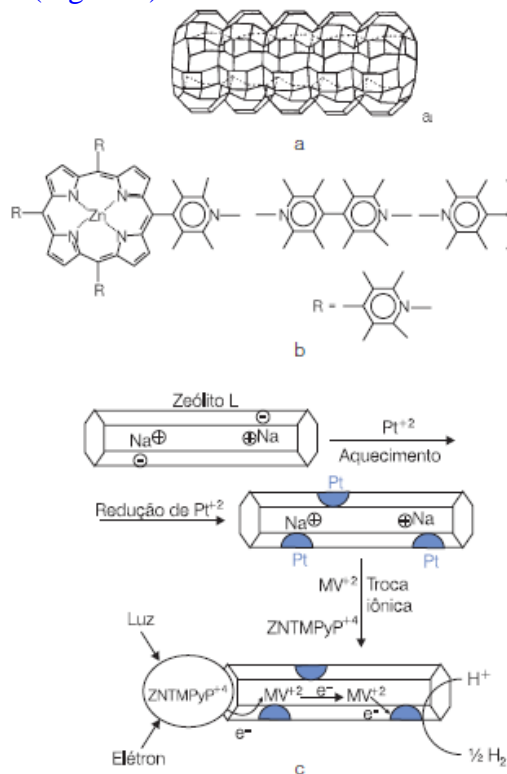


Figura 5: a. Zeólito L; b. os íons ZnTMPyP e MV_{2+} ; c. Representação da produção fotoquímica de hidrogênio.

Os zeólitos podem também ser usados como molde na obtenção de polímeros condutores. Os materiais assim obtidos apresentam grande homogeneidade, baixa concentração de defeitos, cadeia polimérica estável e alto grau de incorporação de monômeros. Processo de obtenção do polímero replicante por dissolução do zeólito em ácido fluorídrico concentrado (Figura 6).

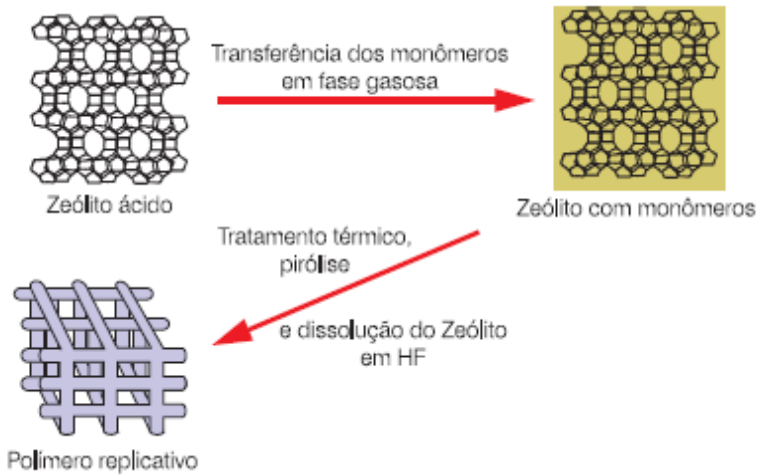


Figura 6: Representação da obtenção da resina fenol/formaldeídos em zeólitos.

As estruturas Y e β são tridimensionais e a estrutura L é monodimensional (Figura 7). Os materiais obtidos apresentaram condutividade eletrônica aumentando na seguinte razão: $Y < L < \beta$.

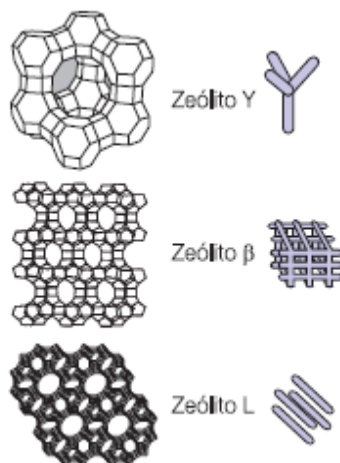


Figura 7: Representação da estrutura dos zeólitos Y, b e L e da resina replicante formada em cada estrutura.

Considerações finais. Peneiras moleculares são sólidos tão antigos quanto a própria crosta terrestre. Desde sua descoberta, as propriedades desses materiais têm sido copiadas e melhoradas em laboratório, para aproveitamento em processos já estabelecidos ou para o uso destes materiais em processos totalmente novos.

CADERNO TEMÁTICO #3

QUÍMICA DE FÁRMACOS

Os fármacos são responsáveis pela melhoria de nossa qualidade de vida, contribuindo também, diretamente, para o contínuo aumento da esperança de vida da humanidade. Este Caderno é dividido nos seguintes capítulos: 1) Sobre a Química dos Remédios, dos Fármacos e dos Medicamentos (p. 4-9); 2) A diversidade química das plantas como fonte de fitofármacos (p. 10-15); 3) A importância da síntese dos fármacos (p. 10-15); 4) Razões da Atividade biológica: interações micro- e biomacro-moléculas (p. 16-22); 5) Processos Modernos no Desenvolvimento dos Fármacos: Modelagem Molecular (p. 23-32).

1) Sobre a Química dos Remédios, dos Fármacos e dos Medicamentos

Geralmente temos por hábito chamar os fármacos de remédios. Entretanto, a origem da palavra latina *remediare* significando remediar e não curar, exige que hoje em dia nos habituemos a chamá-los de fármacos ou medicamentos, sendo a distinção ao nível do princípio ativo, i.e. fármaco, que uma vez formulado traduz-se no medicamento que utilizamos. Esta denominação é a mais correta por traduzir melhor o papel desempenhado pelos fármacos disponíveis no arsenal terapêutico moderno, capazes de efetivamente curar, mais do que remediar.

Diversas substâncias químicas exógenas possuem propriedades biológicas determinadas, sendo utilizadas pela humanidade em rituais festivos, na cura de doenças e mesmo como veneno. Muitos dos componentes químicos destas plantas foram identificados, posteriormente, como substâncias extremamente ativas no sistema nervoso central (SNC), como o harmano e a harmina (Figura 1).

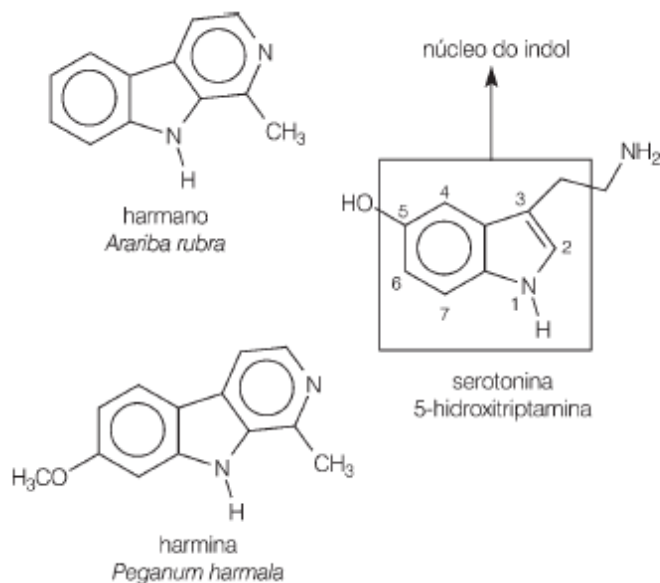
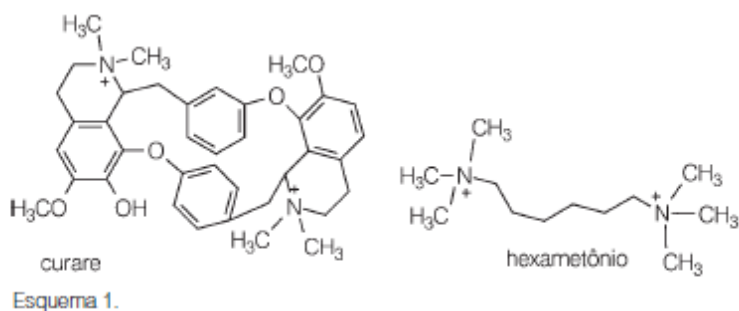


Figura 1: Alcaloides alucinogênicos com o núcleo indólico estruturalmente aparentados à serotonina (5-hidroxitriptamina).

Como exemplo temos as plantas com propriedades ictiotóxicas (toxicidade para os peixes), conhecidas pelos índios da Amazônia, que as empregavam como timbós2. O curare, alcaloide tetraidroquinolínico originário da flora da América do Sul, inspirou os bloqueadores ganglionares representados entre outros pelo hexametônio (Esquema 1).



Uma das plantas medicinais mais antigas que o homem utiliza, especialmente como analgésico, é o *Papaver somniferum*, que originou o ópio e contém alcaloides e substâncias naturais de caráter básico, como a morfina, embora desenvolva a tolerância à droga e síndromes de abstinência (Figura 2).

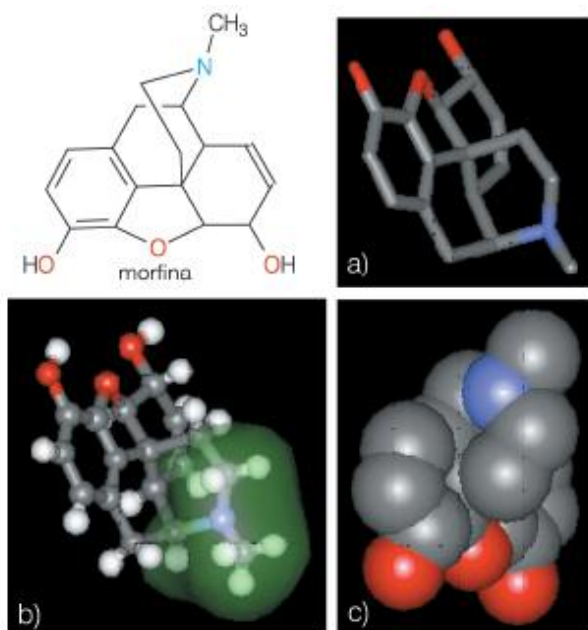


Figura 2: Morfina, indicando diferentes formatos de visualização de sua estrutura tridimensional, em a) mostrando os átomos de oxigênio em vermelho e nitrogênio em azul, omitindo os átomos de hidrogênio; b) indicando os átomos de hidrogênio (branco) e destacando, em verde, o ciclo nitrogenado de seis átomos, piperidina; c) modelo de volume molecular, omitindo os átomos de hidrogênio; em azul o átomo de nitrogênio e em vermelho os átomos de oxigênio.

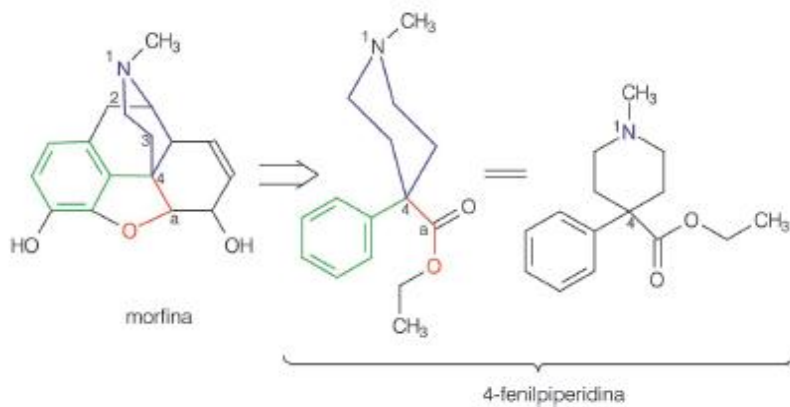


Figura 3: A origem dos analgésicos 4-fenilpiperidínicos a partir da estrutura da morfina: o anel piperidínico, substituído em C-4 no alcaloide por uma unidade fenila e um átomo de carbono quaternário oxigenado

A quinina, um dos principais componentes da casca de *Cinchona officinalis*, utilizada pelos ameríndios como antitérmico (Figura 4) é um alcaloide quinolínico que deu origem aos fármacos antimaláricos como a cloroquina e mefloquina.

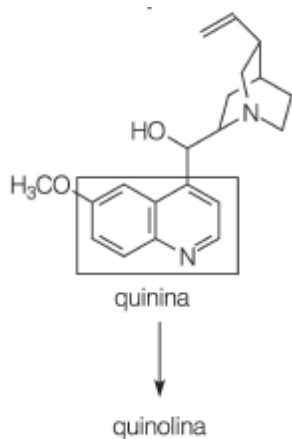
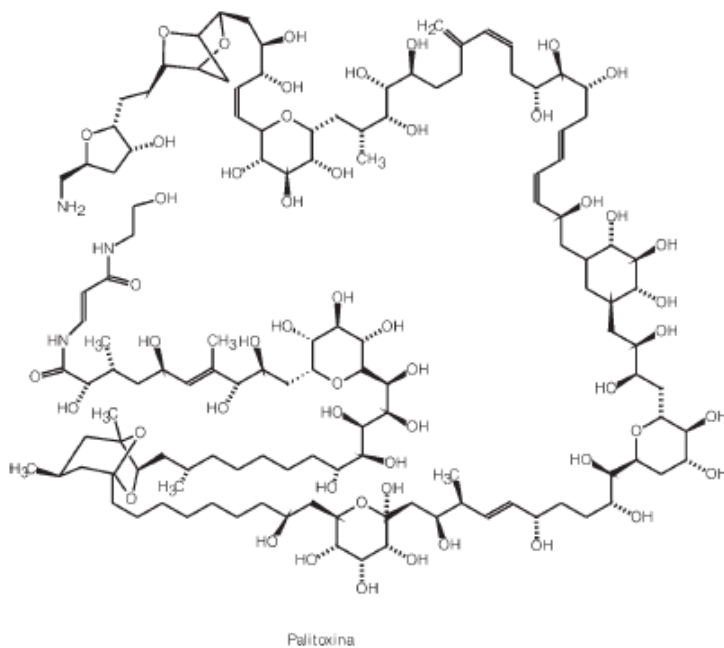


Figura 4: Estrutura da Quinina

O modelo chave-fechadura. Contém um conceito fundamental de *complexidade entre o fármaco e seu receptor*, atualmente em vigor: as moléculas dos compostos ativos no organismo seriam chaves, que interagiriam com macromoléculas do próprio organismo (bioreceptores) que seriam as fechaduras. Desta interação chave/fechadura teríamos a resposta farmacológica de substâncias endógenas como, por exemplo, a serotonina, ou de fármacos, como por exemplo o ácido acetil salicílico (AAS).

Exemplo: a molécula do AAS (fórmula molecular $C_9H_8O_3$), comporta três grupos funcionais, a saber: a) o grupamento ácido carboxílico; b) o grupamento acetila; e c) o anel benzênico. Como o ácido carboxílico presente no AAS é um ácido benzoico, podemos antecipar que no pH do plasma (7,4) este grupamento estará ionizado, na forma de carboxilato, apresentando uma carga negativa formal. Por complementaridade, identificamos que, provavelmente, no sítio receptor este grupamento interagirá com um aminoácido carregado positivamente, representando uma interação iônica (Figura 9).

Da mesma forma, o segundo grupamento funcional identificado na molécula do AAS, o grupamento acetila, poderá interagir com o sítio receptor através de ligações de hidrogênio (ligações-H), em que a carbonila ou o átomo de oxigênio serão aceptores de hidrogênio e o sítio receptor, conseqüentemente, doador de hidrogênio. Finalmente, o anel benzênico, com seis elétrons no seu sistema aromático planar, participará na interação com o sítio receptor através de frágeis interações do tipo hidrofóbica, envolvendo estes elétrons e definindo uma topografia plana complementar neste sítio. A ação dos fármacos é eficaz se a quantidade adequada (dose) atinge os bioreceptores (farmacodinâmica). Ao “caminho” percorrido pelo fármaco no organismo, até atingir o sítio receptor (fase farmacocinética). Esta fase compreende a absorção, distribuição, metabolização e eliminação do Esquema 3.



Esquema 3.

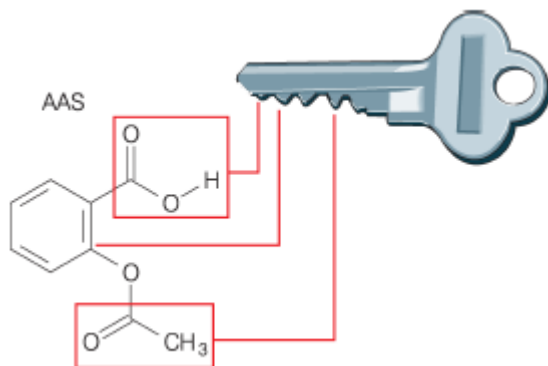


Figura 5: O modelo chave-fechadura e o conceito de complementaridade molecular

Planejamento racional dos fármacos. O modelo chave-fechadura sugere ainda que, conhecendo-se a estrutura do bioreceptor, eleito como alvo terapêutico adequado para o

tratamento de uma patologia pode-se, por complementaridade molecular, “desenhar” uma molécula capaz de interagir eficazmente com este receptor, permitindo seu planejamento estrutural (Figura 6). Entretanto, quando a estrutura do bioreceptor não é conhecida, pode-se utilizar como “modelo” molecular seu agonista ou substrato natural, que adequadamente modificado pode permitir a construção molecular de novos inibidores enzimáticos, novos antagonistas ou agonistas de receptores, dependendo da necessidade, definida pela escolha do alvo terapêutico.



Figura 6: Concepção esquemática do planejamento racional de fármacos.

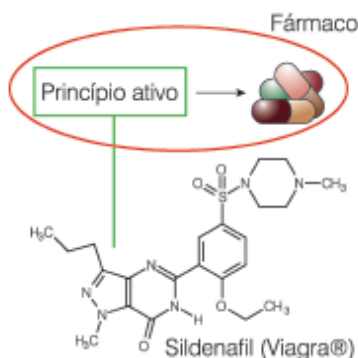


Figura 7: Estrutura do sildenafil (Viagra®)

2) A diversidade química das plantas como fonte de fitofármacos

Os vegetais são fontes importantes de substâncias biologicamente ativas. A diversidade, em termos de estruturas e propriedades químicas, na qual essas substâncias ocorrem na natureza pode servir, para o desenvolvimento de um grande número de fitofármacos. Este artigo tem como objetivo mostrar como a química dos produtos naturais pode contribuir para a produção de compostos vegetais biologicamente ativos, com ênfase especial, naqueles que apresentam propriedades farmacológicas.

Além do metabolismo primário, responsável pela produção de celulose, lignina, proteínas, lipídios, açúcares e outras substâncias que realizam suas principais funções vitais, as plantas também apresentam o chamado metabolismo secundário, do qual resultam substâncias de baixo peso molecular, às vezes produzidas em pequenas

quantidades. Considera-se que uma das principais funções do metabolismo secundário nas plantas seja a biossíntese de estruturas complexas como alcaloides, terpenoides e derivados de fenilpropanoides.

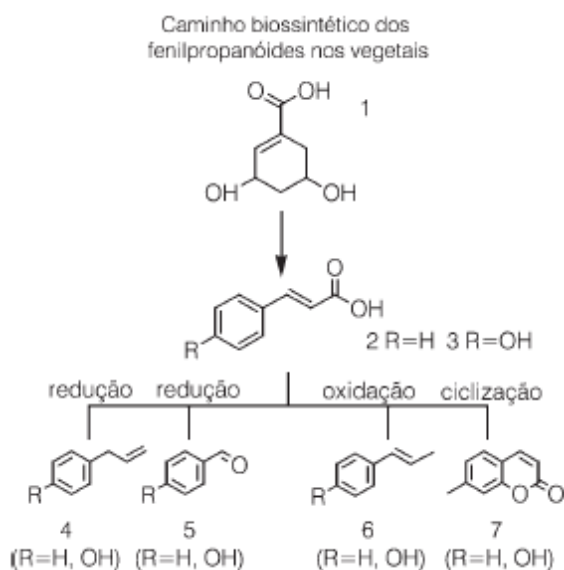


Figura 1: Reduções enzimáticas transformam os ácidos cumáricos em alil e propenilbenzenos, enquanto oxidações com degradação da cadeia lateral produzem aldeídos aromáticos. Ciclizações aromáticas intramoleculares resultam em cumarinas.

Os fenilpropanoides se formam a partir do ácido chiquímico (1), que conduz às unidades básicas: ácido cinâmico (2) e ácido *p*-cumárico (3) (Figura 1). Estes últimos, por meio de reduções enzimáticas produzem propenilbenzenos (4) e/ou alilbenzenos (6) e, por meio de oxidações degradativas das cadeias laterais, podem gerar aldeídos aromáticos (5); as ciclizações enzimáticas intramoleculares produzem as cumarinas (7). Os terpenoides são construídos pela natureza a partir do ácido mevalônico (8), mostrado na Figura 2, do qual se obtém a unidade isoprênica, ou seja, o pirofosfato de isopentenila (9). O encadeamento cabeça-cauda da unidade isoprênica produz diversas classes de terpenos, entre os quais os monoterpênos, compostos com dez átomos de carbono (C₂), e os sesquiterpenos, com 15 átomos de carbono (C₃).

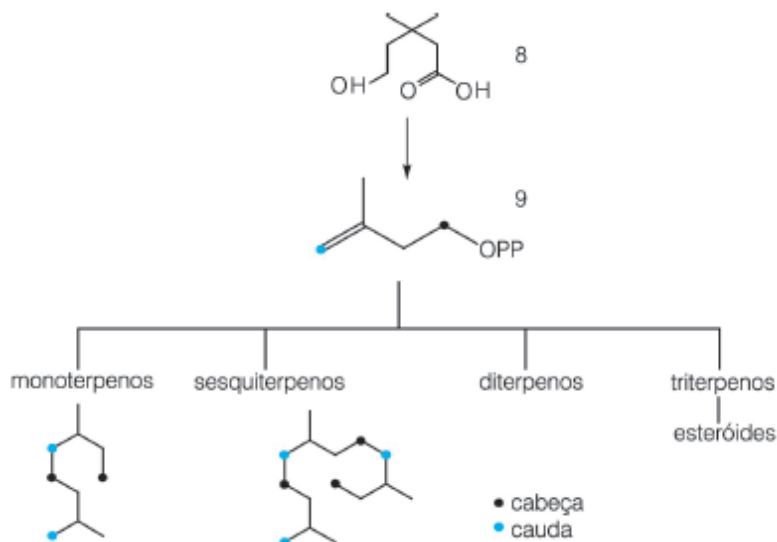


Figura 2: Duas unidades de isopreno (C5) unidas cabeça-cauda produzem os vários esqueletos monoterpênicos (C10), enquanto o encadernamento de três unidades resulta na classe dos sesquiterpenos (C15)

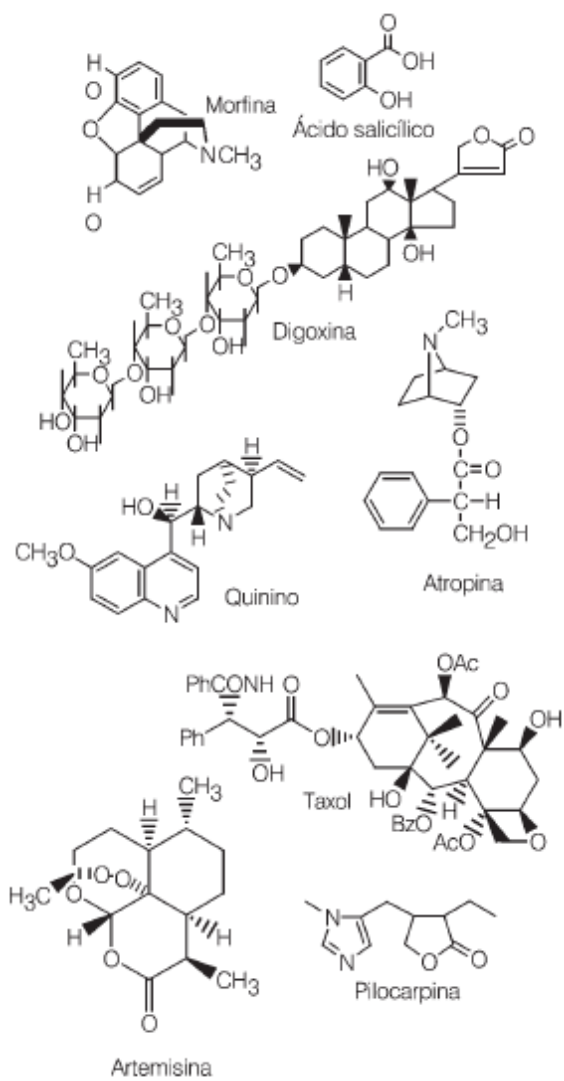


Figura 3: Exemplos de produtos naturais de grande aplicação na indústria farmacêutica.

Plantas como fonte de produtos naturais com finalidade terapêutica. Podem ser citados o ácido salicílico, a atropina, a pilocarpina, o quinino, a artemisinina, o taxol, a digoxina e a morfina (Figura 3). O taxol, diterpeno isolado das cascas de *Taxus brevifolia*, possui propriedades anticancerígenas. A hipericina, isolada de flores de *Hypericum perforatum L.*, popularmente “erva de São João”, é uma diantrona que provoca fotossensibilidade em animais desprovidos de pigmentos (albinos) quando ingeridas. Os alcaloides indólicos, como a vincristina, são utilizados no tratamento da leucemia linfoblástica aguda infantil e a vimblastina, de grande aplicação no tratamento de diferentes linfomas, como o de Hodgkins, o sarcoma de Karposi, câncer de ovário e tumores do testículo.

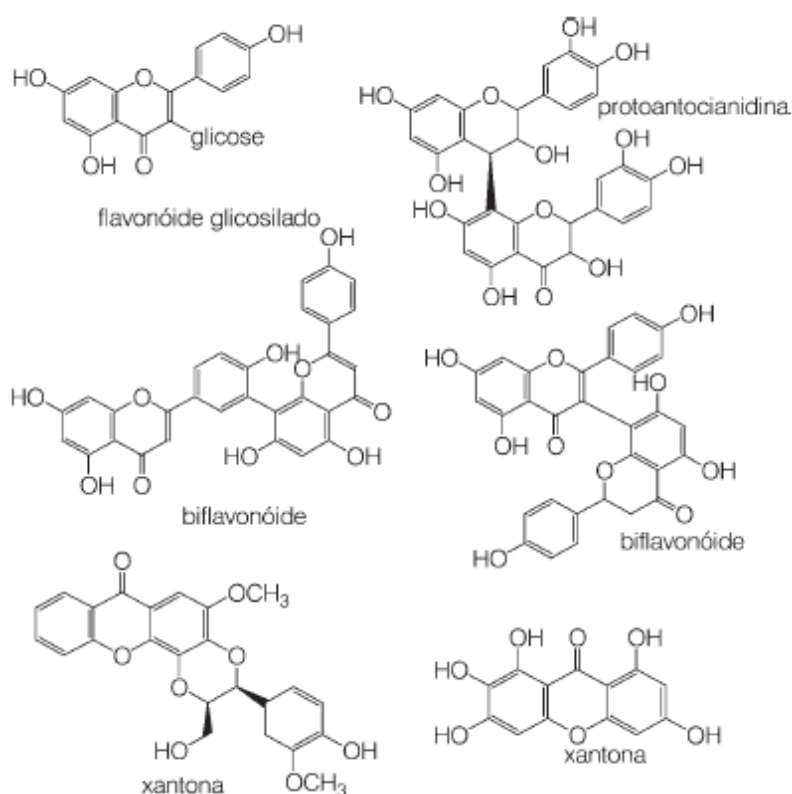


Figura 4: Compostos biologicamente ativos isolados de *Hypericum perforatum*.

Composição química e atividade farmacológica. A maioria das preparações farmacêuticas é feita a partir das partes aéreas. Das flores são preparados extratos etanólicos que possuem na composição química seis grupos de substâncias: diantronas (hipericina e pseudohipericina), acilfloroglucinois (hiperforina, adipiperforina e furohiperforina), dentre outros, glicosídeos lavanoídicos, biflavonoides, protoantociandinas e xantonas (Figura 4). O extrato alcoólico das partes aéreas de *Hypericum perforatum* inibe a recaptação sináptica dos neurotransmissores (noradrenalina e serotonina). Nem todos os extratos são iguais em sua composição, tendo, portanto, perfil de segurança e eficácia distintos. A instabilidade química da hiperforina leva a discussão se os compostos são produtos naturais ou artefatos que são formados durante a extração e nos procedimentos de isolamento.

Considerações finais. A complexidade da estratégia de utilização dos metabólitos secundários obtidos de plantas, na estratégia de obtenção de fitofármacos deve levar em conta a variação desses compostos durante o período vegetativo e a interação da planta com o meio ambiente. A tecnologia farmacêutica utilizada na obtenção dessas preparações farmacêuticas mostra a importância da discussão sobre a padronização dos princípios ativos e da estabilidade desses produtos para a eficácia terapêutica e da pesquisa de novas substâncias.

3) Química Medicinal - As bases moleculares da ação dos fármacos

De autoria de Eliezer J. Barreiro e Carlos Alberto Manssour Fraga, pesquisadores do LASSBio, UFRJ, o livro “Química medicinal: as bases moleculares da ação dos fármacos” (Artmed) trata dos conceitos mais relevantes desta disciplina, enfatizando ao longo dos capítulos os aspectos estruturais mais importantes relacionados com a atividade. Com isso, o leitor tem em mãos uma obra em que a teoria está ligada ao dia a dia, com exemplos de fármacos de diferentes classes terapêuticas, como quimioterápicos, anti-inflamatórios, antitrombóticos e anti-hipertensivos, dentre outras, detalhando o planejamento estrutural de alguns destes fármacos integrantes do arsenal terapêutico moderno. Foi adotada a abordagem molecular, enfatizando seus aspectos químicos e qualitativos.

4) A importância da síntese dos fármacos

Tendo em vista a importância dos fármacos de origem sintética dentro do mercado terapêutico, discutimos neste trabalho aspectos históricos da síntese de fármacos desde a aspirina®, primeiro fármaco sintético, evoluindo com outros exemplos de fármacos estruturalmente diversos, até um dos exemplos mais recentes, o sildenafil (viagra®).

A síntese de fármacos, importante capítulo da química orgânica, permite a construção de moléculas, em seus diversos níveis de complexidade, com características particulares: além de racionalizar uma sequência de etapas sintéticas visando obter os melhores rendimentos possíveis, é necessário também dispensar atenção ao grau de pureza e à escala da reação. Por exemplo, o ácido muriático, empregado para alvejar assoalhos e o índigo-blue para tingir tecidos não precisam ter um grau de pureza alto, como é exigido de produtos farmacêuticos.

Os fármacos de origem sintética podem ser obtidos em dois tipos de escala: 1) de bancada, aquela empregada na definição da rota sintética, para se ter acesso ao composto planejado, em pequenas quantidades, mas suficientes para investigar o seu perfil farmacológico; 2) semi-industrial, adaptação da primeira rota sintética visando a obtenção do fármaco em maior escala.

A síntese do composto SK&F 8600029. A Figura 1 descreve a rota sintética do composto SK&F 8600029, um heterociclo da classe das imidazolotiazolidinas, com perfil inibitório das enzimas ciclo-oxigenase e 5-lipoxigenase, para o tratamento da asma, partindo da matéria-prima 4-formilpiridina (2), envolvendo uma reação de condensação para se obter a nitrila (3), sob forma de cristal. Por ser cristalina, esta nitrila (3) permite o emprego de métodos de cristalização de baixo custo em sua purificação, condição ideal no desenho da rota sintética de fármacos.

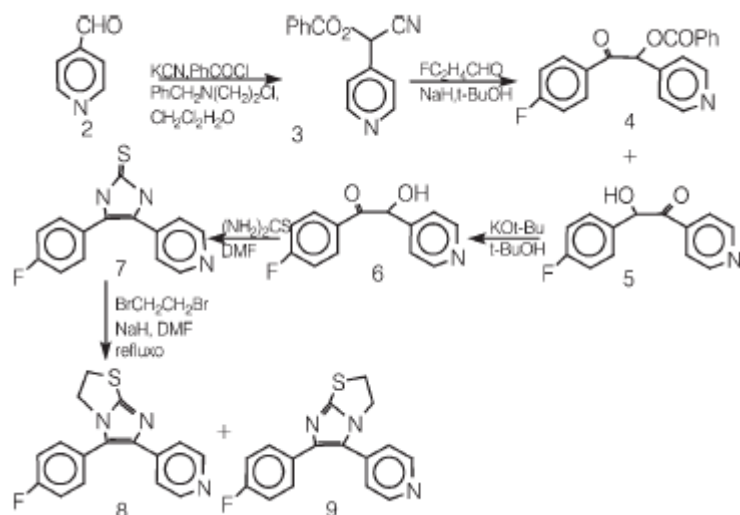


Figura 1: Escala de bancada de SK&F 860029

A etapa subsequente da rota sintética não se mostrou reproduzível com o aumento da escala, resultando em uma mistura das benzoínas (4) e (5), instáveis e de difícil separação. Na busca de métodos de separação, esta mistura de benzoínas quando tratada em meio básico, permitiu a formação da benzoína (6), isomérica, como único produto, representando um método de “purificação”, visto que um único produto foi obtido. Esta benzoína, (6), após ser tratada com tiourea, convergiu no intermediário (7). Na última etapa, o intermediário (7) foi tratado com 1,2-dibromoetano, em dimetilformamida (DMF), gerando novamente uma mistura de isômeros (8) e (9). A separação dessa mistura exigiu o emprego de técnicas cromatográficas, bastante dispendiosas para serem adaptadas a escalas maiores. Contudo, para se dar sequência aos ensaios toxicológicos e para viabilizar a síntese em escalas maiores, foi desenvolvida a segunda rota sintética, descrita na Figura 2.

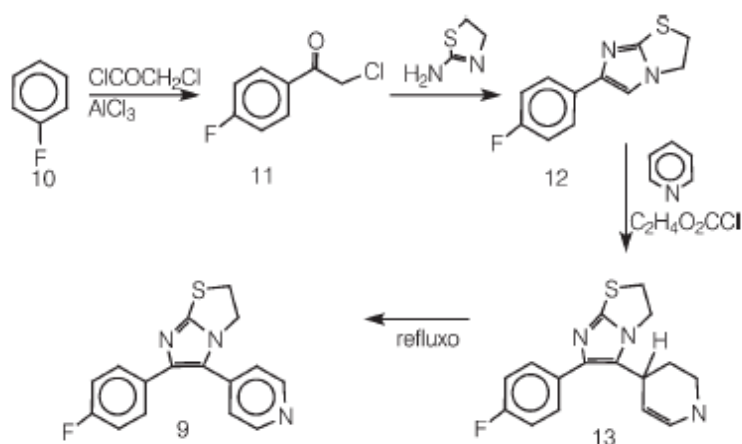
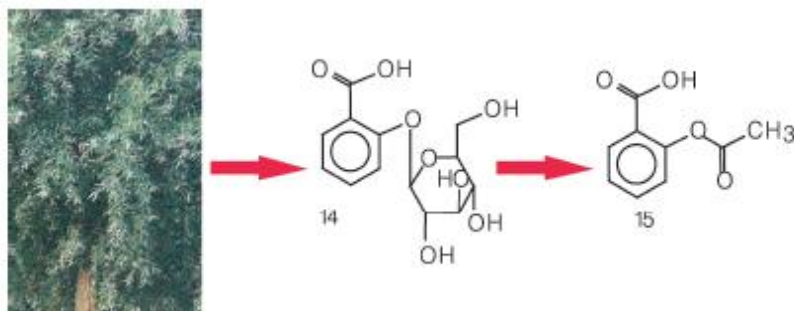


Figura 2: Escala industrial do SK&F 860029.

Essa rota utilizou como matéria-prima o composto flúor benzeno (10) que após uma reação Friedel Crafts foi convertido no produto (11). O intermediário (11) foi, por sua vez, submetido à reação de alquilação, levando à obtenção do composto (12). A reação de substituição eletrofílica do intermediário (12) permitiu a obtenção do intermediário

(13) que foi oxidado a (9), na última etapa do processo. Esta segunda rota permitiu a obtenção de (9) em escalas de 1 kg, suficientes para os ensaios toxicológicos iniciais.



Esquema 1: Aspirina (15), fármaco sintético derivado do Salgueiro Branco (*Salix alba*).

Ácido acetil salicílico (AAS), Aspirina® (15), derivada do produto natural salicina (14) (Esquema 1), foi o primeiro fármaco sintético empregado na terapêutica, inibindo a produção de prostaglandinas através da inibição da enzima cicloxigenase (COX), responsável pela biossíntese de icosanoides derivados da cascata do ácido araquidônico, fosfolípido de membrana celular, precursor das prostaglandinas.

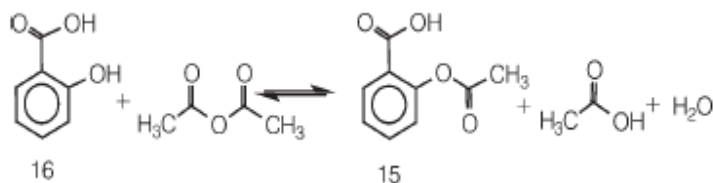
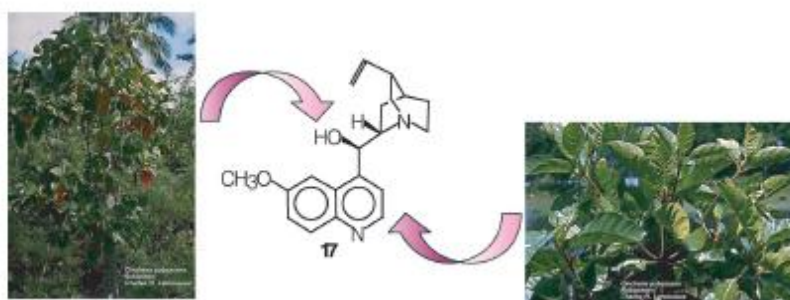


Figura 3: Rota de acetilação do ácido acetil salicílico (15).

O antimalárico cloroquina. O primeiro fármaco empregado no tratamento da malária foi a quinina (17) (Esquema 2), que é um alcaloide quinolínico presente em árvores nativas da América Central e do Sul, do gênero *Cinchona*, responsável pela atividade antimalarial. A síntese da cloroquina (22), descrita na Figura 5, dá-se inicialmente pela reação clássica de condensação da 3-cloroanilina (18) e dietil-2-cetobutirato, para a obtenção da imina (19). A imina (19), quando aquecida em solvente de alto ponto de ebulição, leva ao deslocamento do grupamento etoxila, com conseqüente ciclização. Ainda na mesma etapa, com o emprego de condições de saponificação, é obtido o intermediário ácido (20). A descarboxilação e conversão do grupamento enol de (20) é feita pelo seu aquecimento na presença de oxicloreto de fósforo. Na última etapa, o halogênio (21) é deslocado, via reação de substituição nucleofílica aromática (S_NAr), por uma amina primária, para a obtenção da cloroquina (22).



Esquema 2: Quinina (17), fármaco antimalárico natural presente no gênero *Cinchona*.

Antibióticos β -lactâmicos: As penicilinas. Produzidas pelo fungo *Penicillium notatum*, possui efeitos terapêuticos e identifica a classe dos antibióticos β -lactâmicos. A Figura 4 ilustra a ação da enzima *penicillium-acilase* sobre a penicilina G (23), convergindo no ácido 6-amino penicilâmico (24), intermediário-chave para a síntese dos derivados semissintéticos. Na etapa seguinte, a simples substituição do cloreto de acila fornece derivados como a penicilina V (25), a meticilina (26) e a oxacilina (27).

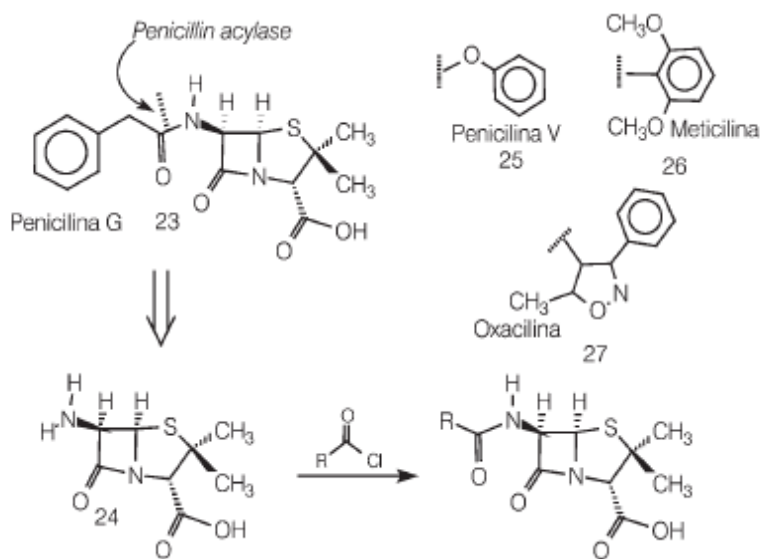


Figura 4: Rota sintética das penicilinas semi-sintéticas

O antibiótico cloranfenicol. Primeiro antibiótico ativo de via oral e o primeiro fármaco com centros (*i.e.* carbonos) assimétricos a ser produzido por rota sintética, em 1947. A síntese do cloranfenicol (34) (Figura 5) começa com uma reação de condensação aldólica do benzaldeído (28) e 2-nitroetanol, para obter uma mistura dos 4 diastereoisômeros do nitropropenodiol (29). A mistura diastereoisomérica é submetida à redução, levando aos respectivos derivados aminodióis (30). O isômero *treo* é separado por cristalização para fornecer o intermediário (30). O intermediário (30) é submetido a reação de acilação com cloreto de dicloroacetila, para fornecer o composto triacetilado que, submetido à reação de saponificação, produz o intermediário (31). O intermediário (31) é novamente acetilado na presença de anidrido acético, para gerar o composto (32). O composto (32) é nitrado sob condições de ácido nítrico e ácido sulfúrico resultando no composto (33). O composto nitrado (33) é submetido a condições de saponificação, convertendo-se no cloranfenicol (34).

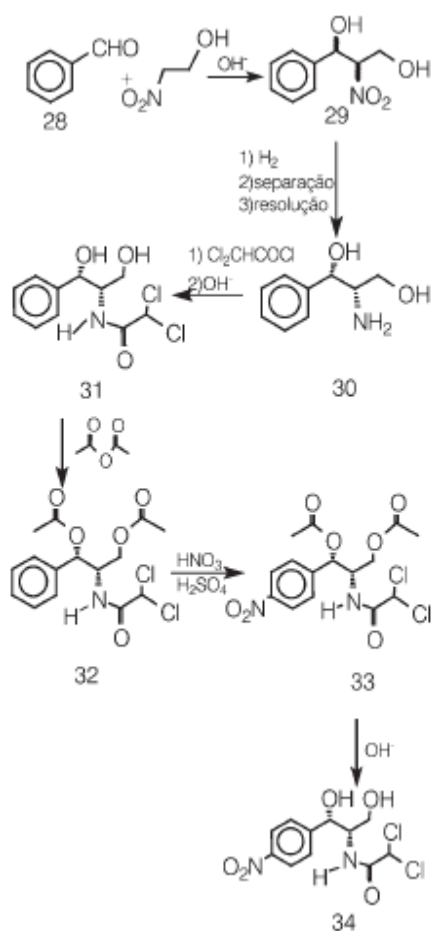


Figura 5: Rota sintética do cloranfenicol

O antiviral aciclovir, ou (9-[2-hidroxietoxi) metil]-9H-guanina), é um antiviral análogo do nucleosídeo guanina acíclico, utilizado no tratamento de infecções por herpes. O aciclovir foi desenvolvido com base no nucleosídeo guanina cíclico, uma base nitrogenada utilizada pelo vírus na construção do seu DNA. O aciclovir foi sintetizado (Figura 6) a partir da acetilação da guanina (35) com anidrido acético, gerando o composto (36). O intermediário acetilado (36) reage com a cadeia lateral (38) na presença de ácido *para*-toluenosulfônico, produto da acilação do dioxolana (37), para formar o derivado glicosídico (39). O derivado glicosídico reage com amônia em metanol, à temperatura ambiente, para fornecer o produto desacetilado, aciclovir (40).

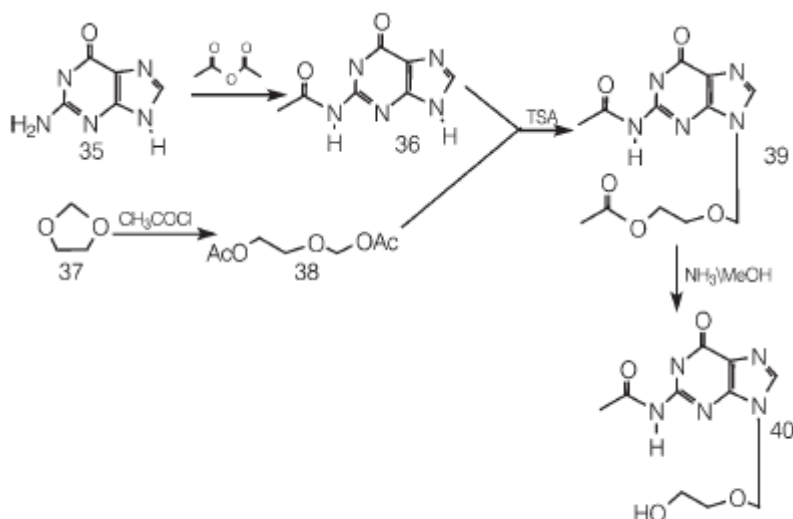


Figura 6: Rota sintética do aciclovir 40.

Sildenafil, viagra® (51), citrato de sildenafil, 5-[2-etoxi-5-(4-metilpiperazina-1-ilsulfonil)fenil]-1-metil-3-propil-6,7-dihidro-1*H*-pirazola[4,3-*d*]pirimidin-7-ona (Figura 7), é um dos mais recentes fármacos a ser incorporado ao arsenal terapêutico, útil para o tratamento da disfunção erétil. Sua síntese foi feita em 9 etapas: metilação do éster etílico do ácido 3-propilpirazola-5-carboxílico (41) com dimetil sulfato sob calor, para gerar o composto (42). Na sequência o intermediário foi hidrolisado, em hidróxido de sódio aquoso, ao ácido correspondente (43). O intermediário (43) foi nitrado com ácido nítrico fumegante, para se obter o produto nitrado (44). O grupamento ácido do composto (44) foi convertido na carboxamida correspondente (45), pelo tratamento com cloreto de tionila seguido de hidróxido de amônio. Na sequência, o grupamento nitro de (45) foi reduzido à amina (46) correspondente com cloreto de tionila em etanol. O grupamento amino de (46) foi benzoilado com cloreto de 2-etoxibenzoil, na presença de trietilamina, formando (47). Posteriormente, ocorreu a ciclização (48) do intermediário (47), através do emprego de peróxido de hidrogênio em meio básico. O intermediário (48) foi sulfonado para gerar o cloreto de sulfonila (50). A última etapa consistiu na condensação da metil-piperazina com o grupamento reativo de (50), gerando o Viagra® (51).

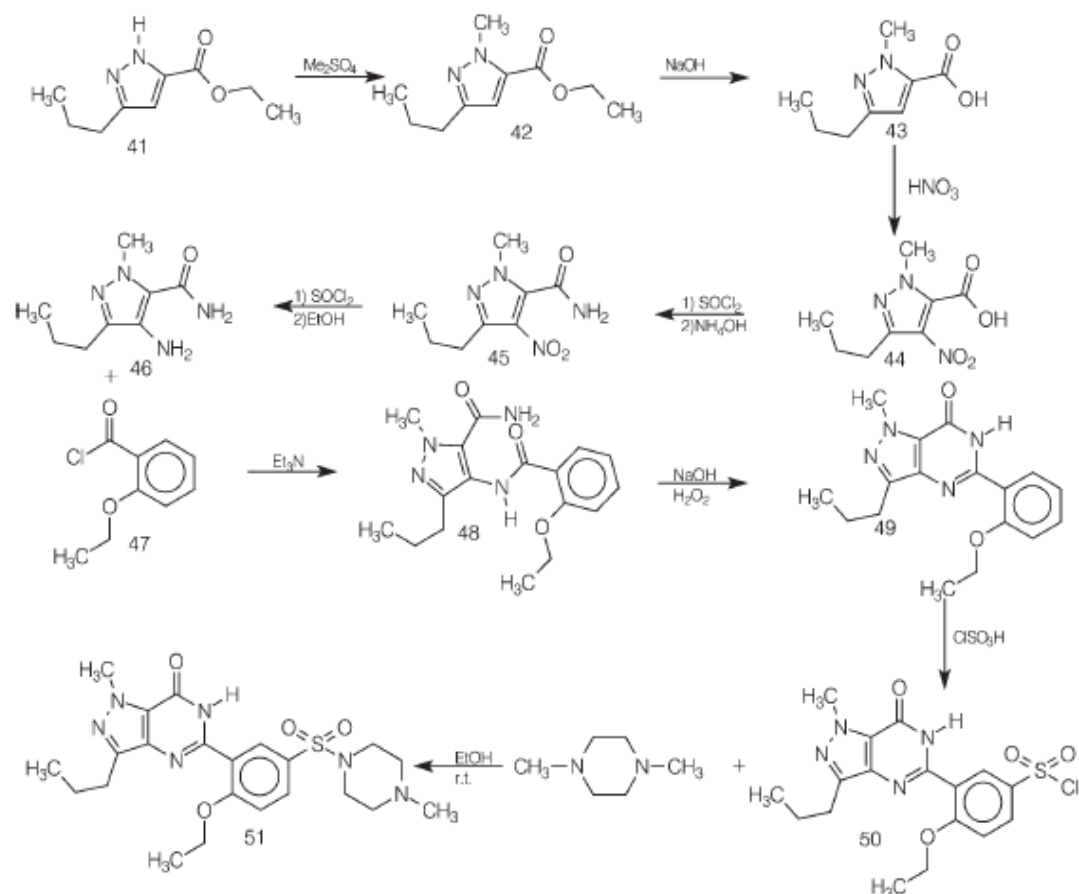


Figura 7: Rota sintética do Viagra 51.

Considerações finais. A síntese de fármacos permite o acesso a substâncias terapeuticamente úteis, com níveis de complexidade variáveis. O novo paradigma pode ser exemplificado pelo aciclovir, onde através de um planejamento prévio, a molécula deste fármaco, análogo acíclico da guanina, possibilitou “sabotar” o DNA viral, provocando o efeito antiviral desejado.

5) Fármacos e Quiralidade

Nesse artigo discutimos a relação da quiralidade com o efeito farmacológico dos fármacos. Apresentamos também a forma de interação desses fármacos em um organismo animal (biofase) e as respostas biológicas associadas a essa interação. Para facilitar a compreensão do assunto, definiremos alguns conceitos básicos de estereoquímica e em seguida os aplicaremos às moléculas de alguns fármacos. Para finalizar, mostramos alguns métodos de preparação de fármacos com centros assimétricos em sua estrutura vendidos em farmácias brasileiras.

A quiralidade, é a propriedade da substância ter em sua estrutura um ou mais átomos (na maioria das vezes carbono) que têm a sua orientação tridimensional muito bem definida. A modificação dessa orientação pode levar à diminuição do efeito biológico, à sua total supressão ou ao aparecimento de um efeito biológico adverso. A quiralidade não é uma condição para que a substância tenha efeito farmacológico.

Princípios de estereoquímica. A química orgânica trata da relação existente entre a estrutura molecular e as propriedades físicas de moléculas de carbono. A parte da química orgânica que trata da estrutura em três dimensões é chamada de 'estereoquímica'. Um aspecto importante da estereoquímica é a existência do estereoisomerismo. Estruturas isoméricas (do grego isômeros = partes iguais) que diferem entre si unicamente pelo arranjo tridimensional dos seus substituintes são chamadas de estereoisômeros. A ocorrência de assimetria (ou simetria) é uma importante característica de figuras geométricas que têm duas ou três dimensões.

Enantiômeros. O tipo mais comum de uma molécula quiral contém um carbono tetraédrico no qual estão ligados quatro diferentes grupamentos. O átomo de carbono é o centro estereogênico ou assimétrico da molécula. Esses tipos de estereoisômeros são chamados de enantiômeros (do grego, enantio = opostos). A única diferença que esses enantiômeros apresentam é a propriedade de desviar o plano da luz polarizada, quando uma solução de cada um deles é submetida a um equipamento chamado polarímetro. Todas as demais propriedades físicas são iguais.

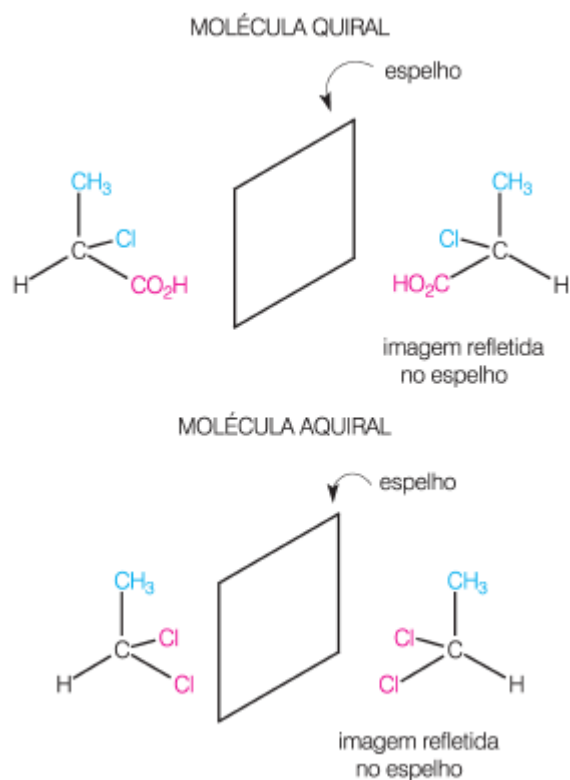


Figura 1: Representação de uma molécula quiral e outra aquiral.

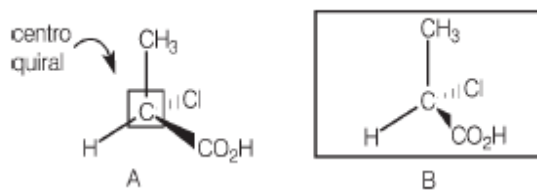


Figura 2: Representações de um centro assimétrico

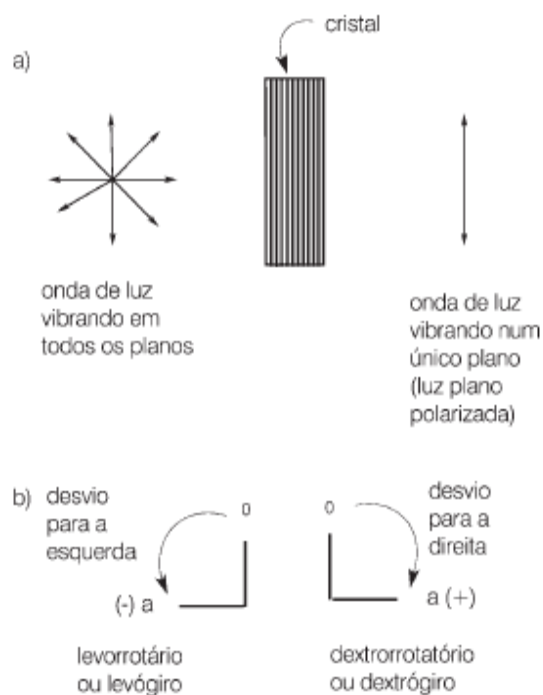


Figura 3: a. polarização da onda de luz em um polarímetro; b. desvio do plano da luz polarizada ocasionado por um enantiômero.

Enantiômeros existem todo o tempo em pares e alguns dos estereoisômeros, formados com a inclusão de centros assimétricos, não são imagens especulares dos outros, são chamados de diastereoisômeros. Na Figura 4, é mostrado que houve modificação da orientação espacial em apenas um dos carbonos assimétricos. Nos enantiômeros os dois centros mudam, ao mesmo tempo, de orientação.

Regras de prioridade. A regra R e S é importante, pois permite determinar qual é o arranjo espacial correto para cada estereoisômero do fármaco separado. 1) Observe os substituintes ao redor do carbono assimétrico; 2) Heteroátomos têm prioridade sobre o carbono; assim a amina, na molécula estudada, é o grupo mais importante; 3) o segundo grupo mais importante é o CO₂H, pois tem dois heteroátomos (oxigênio) ligados ao carbono; 4) a terceira prioridade é o sistema aromático; 5) o átomo de menor prioridade é o hidrogênio. Após ter estabelecido as prioridades, vamos do grupo de maior prioridade para o de menor prioridade. Se o caminho for no mesmo sentido do relógio, temos o enantiômero R (latim, *rectus* = direita), se o caminho for no sentido contrário

ao do relógio temos o enantiômero S (latim sinister = esquerda). Importante, mantenha sempre o grupo de menor prioridade para trás do plano. (Figura 5)

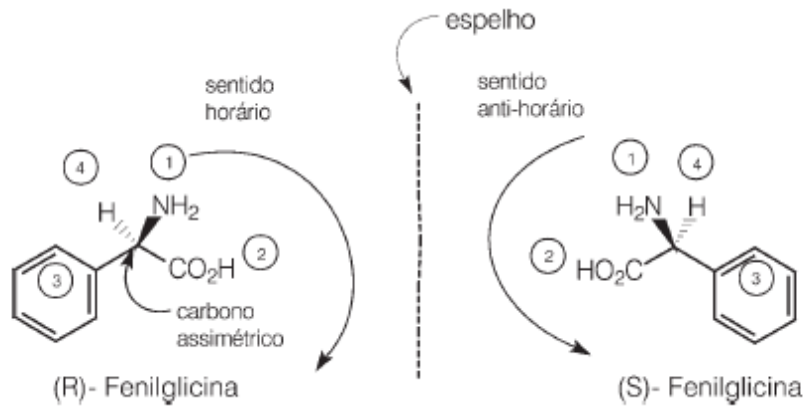


Figura 5: Aplicação da regra R e S de Cahn-Ingold-Prelog.

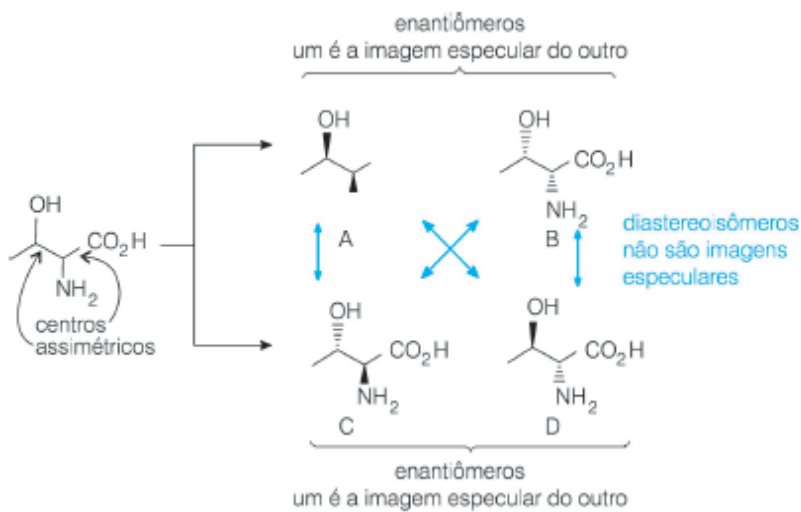
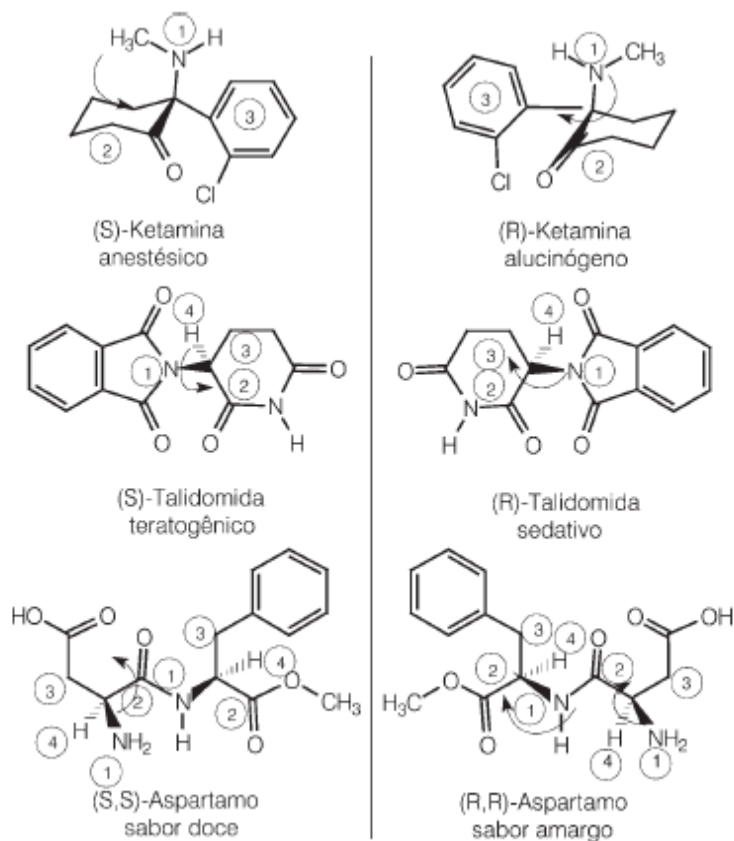


Figura 4: isômeros formados com a inclusão de um segundo centro assimétrico.



* o carbono assimétrico dos fármacos está assinalado com a rotação da seta.

Figura 5: Exemplos de fármacos com centros assimétricos e a atividade biológica, Substâncias com centros assimétricos dotadas de efeitos biológicos

Síntese orgânica. É a aplicação dos conhecimentos da química orgânica, visando, entre outras coisas, a preparação, em fábrica, de novas moléculas ou de moléculas já conhecidas, que podem ser utilizadas como fármacos. A síntese orgânica de moléculas que contêm centros assimétricos pode ser classificada como racêmica ou assimétrica, produzindo um fármaco composto de uma mistura de seus possíveis estereoisômeros em partes iguais, de elevada pureza óptica, ou seja, se estiver contaminado com o outro estereoisômero será em quantidades inferiores a 5%. Como exemplos de síntese racêmica temos o ibuprofeno e o captopril.

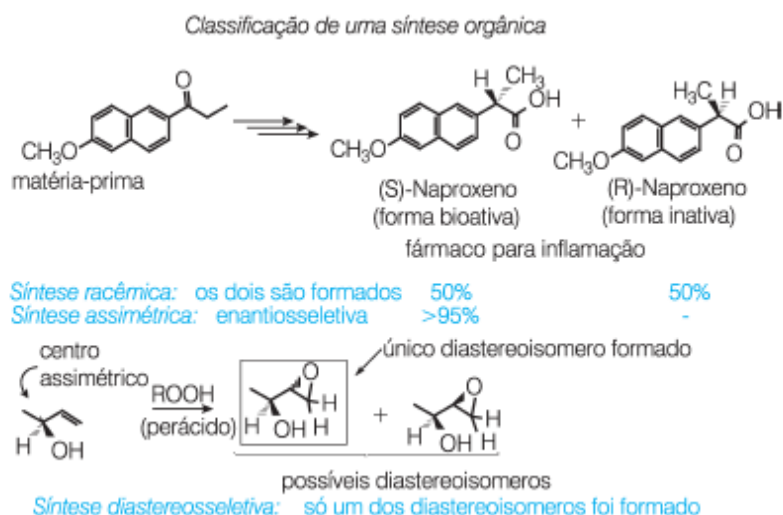


Figura 6: Tipos de síntese orgânica

Conclusão: A presença de centros assimétricos em alguns fármacos à venda nas farmácias está relacionada à sua atividade farmacológica. Qualquer alteração na orientação espacial desses centros pode conduzir à total inativação do fármaco, à diminuição do efeito biológico ou então ao aparecimento de um efeito contrário, que pode ser extremamente danoso para a saúde dos consumidores.

6) Razões da Atividade Biológica: interações micro- e biomacromoléculas

As interações de um fármaco com o seu sítio de ação no sistema biológico ocorrem durante a chamada fase farmacodinâmica e são determinadas por forças intermoleculares: interações hidrofóbicas, polares, eletrostáticas e estéricas. Considerando os possíveis modos de interação entre o fármaco e a biofase, podemos classificá-los de maneira genérica em dois grandes grupos; estruturalmente inespecíficos e estruturalmente específicos.

Fármacos estruturalmente inespecíficos: dependem única e exclusivamente de suas propriedades físico-químicas, (coeficiente de partição, pKa) para promoverem o efeito biológico. Exemplos: anestésicos gerais, seu mecanismo de ação envolve a depressão inespecífica de biomembranas lipoproteicas. Outro exemplo são os anticonvulsivantes como o pentobarbital (3) que é estruturalmente específico e tem ação sobre o receptor GABA ionóforo. A simples substituição de um átomo de oxigênio por um átomo de enxofre produz o tiopental (4), cuja lipossolubilidade é maior e tem ação anestésica inespecífica (Figura 2)

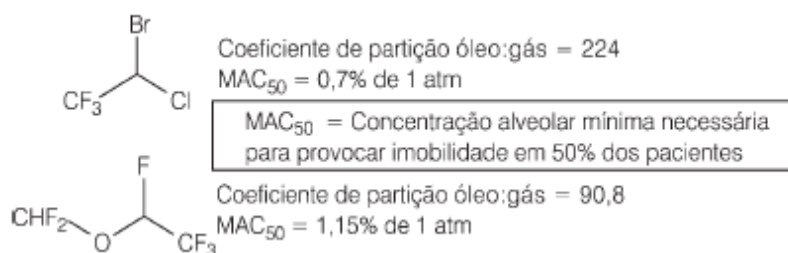


Figura 1: Correlação entre as propriedades físico-químicas e a atividade biológica dos fármacos estruturalmente inespecíficos (1) e (2).

Fármacos estruturalmente específicos. Exercem seu efeito biológico pela interação seletiva com uma determinada biomacromolécula alvo, que apresenta na maior parte dos casos, propriedades de enzima, proteína sinalizadora (receptor), canal iônico ou ácido nucleico. O reconhecimento do fármaco (micromolécula) pela biomacromolécula depende do arranjo espacial dos grupamentos funcionais e das propriedades de superfície da micromolécula, que devem ser complementares ao sítio de ligação localizado na macromolécula, o sítio receptor.

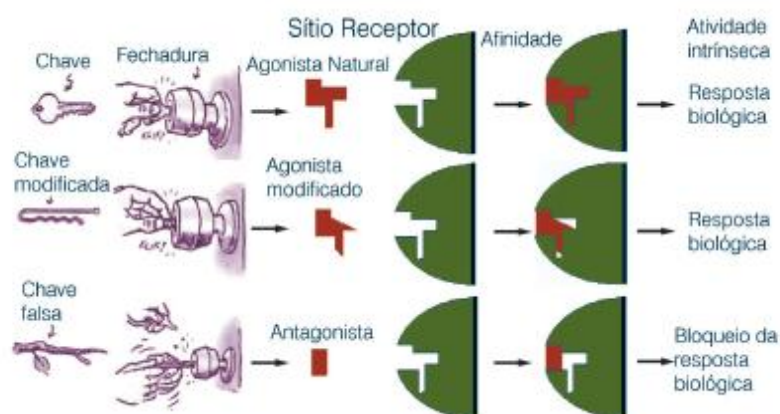


Figura 3: Modelo chave-fechadura e o reconhecimento ligante-receptor.

Forças relevantes para o reconhecimento molecular: Ligante/sítio receptor. O grau de afinidade e a especificidade da ligação micromolécula-(sítio receptor) são determinados por forças intermoleculares: eletrostáticas, de dispersão, hidrofóbicas, ligações de hidrogênio e ligações covalentes. Em uma interação fármaco-receptor típica normalmente ocorre uma combinação dessas forças.

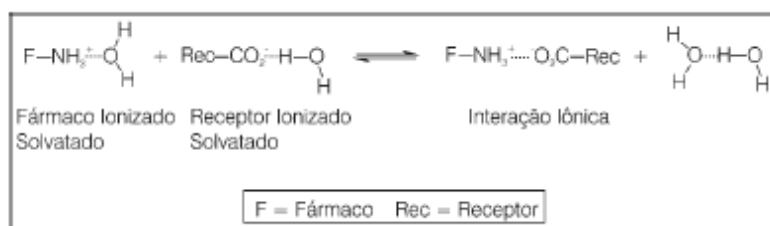


Figura 4: Interações iônicas e o reconhecimento fármaco-receptor.

Forças eletrostáticas de atração: resultantes da interação entre dipolos e/ou íons de cargas opostas, cuja magnitude é diretamente dependente da constante dielétrica do meio e da distância entre as cargas. (Figuras 4 e 5)

Forças de dispersão. Estas forças atrativas, conhecidas como forças de dispersão de London ou interações de van der Waals, caracterizam-se pela aproximação de moléculas apolares apresentando dipolos induzidos. Estes dipolos são resultado de uma flutuação

local transiente (10-6 s) de densidade eletrônica entre grupos apolares adjacentes, que não apresentam momento de dipolo permanente. Normalmente, estas interações de fraca energia (0,5-1,0 kcal.mol⁻¹), ocorrem em função da polarização transiente de ligações carbono-hidrogênio ou carbono-carbono. (Figura 7)

Ligação de hidrogênio. São interações não covalentes existentes nos sistemas biológicos, sendo responsáveis pela manutenção das conformações bioativas de macromoléculas nobres como α -hélices e proteínas e interações purinas-pirimidinas dos ácidos nucleicos. Estas interações são formadas entre heteroátomos eletronegativos como oxigênio, nitrogênio, enxofre e o átomo de hidrogênio de ligações O-H, N-H e C-F-H, como resultado de suas acentuadas polarizações (Figura 9).

Ligação covalente. De elevada energia, (77-88 kcal.mol⁻¹), considerando que na temperatura usual dos sistemas biológicos (30-40 °C), ligações mais fortes que 10 kcal.mol⁻¹ dificilmente são clivadas em processos não enzimáticos. Isto implica que complexos fármaco-receptor envolvendo ligações desta natureza são raramente desfeitos, culminando com uma inibição enzimática irreversível ou inativação do sítio receptor.

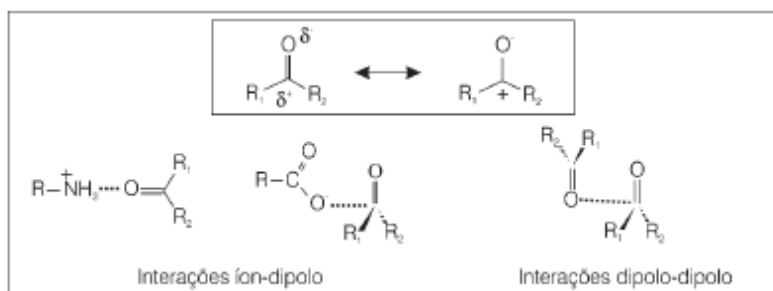


Figura 6: Interações íon-dipolo e o reconhecimento fármaco-receptor.

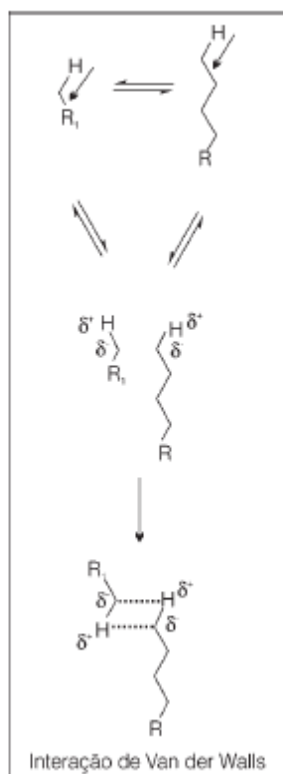


Figura 7: Interações íon-dipolo pela polarização transiente de ligações carbono-hidrogênio.

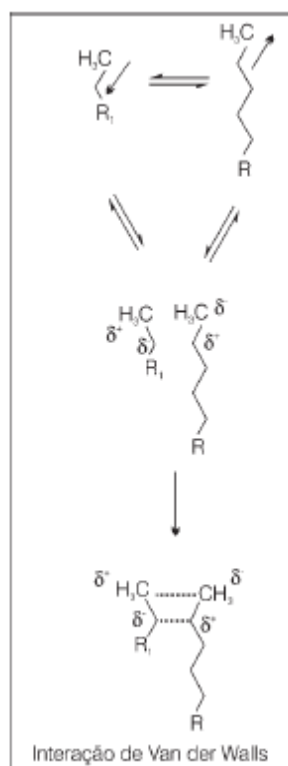


Figura 8: Interações íon-dipolo pela polarização transiente de ligações carbono-carbono.

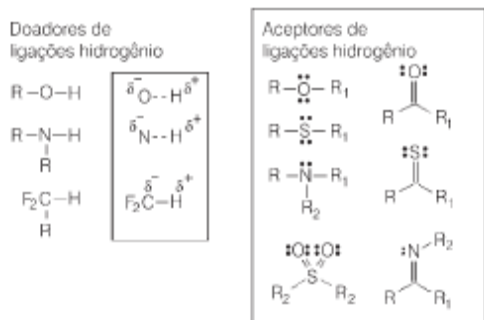


Figura 9: Principais grupos doadores e aceptores de ligações de hidrogênio.

A estereoquímica e o reconhecimento molecular: Ligante / sítio receptor

O modelo chave-fechadura é uma representação grosseira da realidade, uma vez que a interação entre a biomacromolécula e a micromolécula apresenta natureza tridimensional dinâmica. Desta forma, a dimensão molecular do ligante, as distâncias interatômicas e o arranjo espacial entre os grupamentos farmacofóricos constituem aspectos fundamentais na compreensão de diferenças na interação fármaco-receptor.

Configuração absoluta e atividade biológica. O perfil biológico diferente de substâncias implica o reconhecimento molecular de um ligante, que apresente um simples carbono assimétrico pelo bioreceptor, deveria envolver a participação de pelo menos três pontos. Neste caso, o reconhecimento do antípoda correspondente ao fármaco hipotético pelo mesmo sítio receptor não seria tão eficaz devido à perda de um ou mais pontos de interação complementar, em sua maioria de acordo com o caráter quiral da substância. (Figura 10)

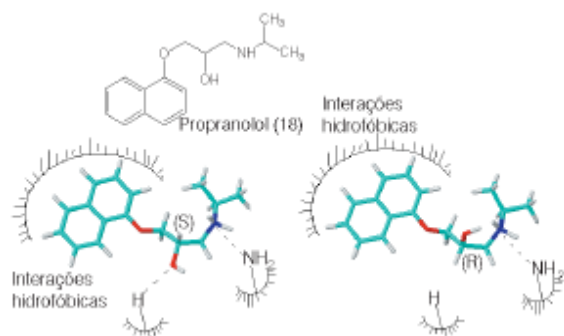


Figura 10: Reconhecimento molecular dos grupamentos farmacofóricos dos enantiômeros do propranolol

Configuração relativa e atividade biológica. De forma análoga, alterações da configuração relativa dos grupamentos farmacofóricos de um ligante alicíclico ou olefínico também podem repercutir diretamente no seu reconhecimento pelo bioreceptor, uma vez que as diferenças de arranjo espacial dos grupos envolvidos nas interações com o sítio receptor implicam em perda de complementaridade e, conseqüentemente, em perda de afinidade e atividade intrínseca, como ilustra a Figura 11.

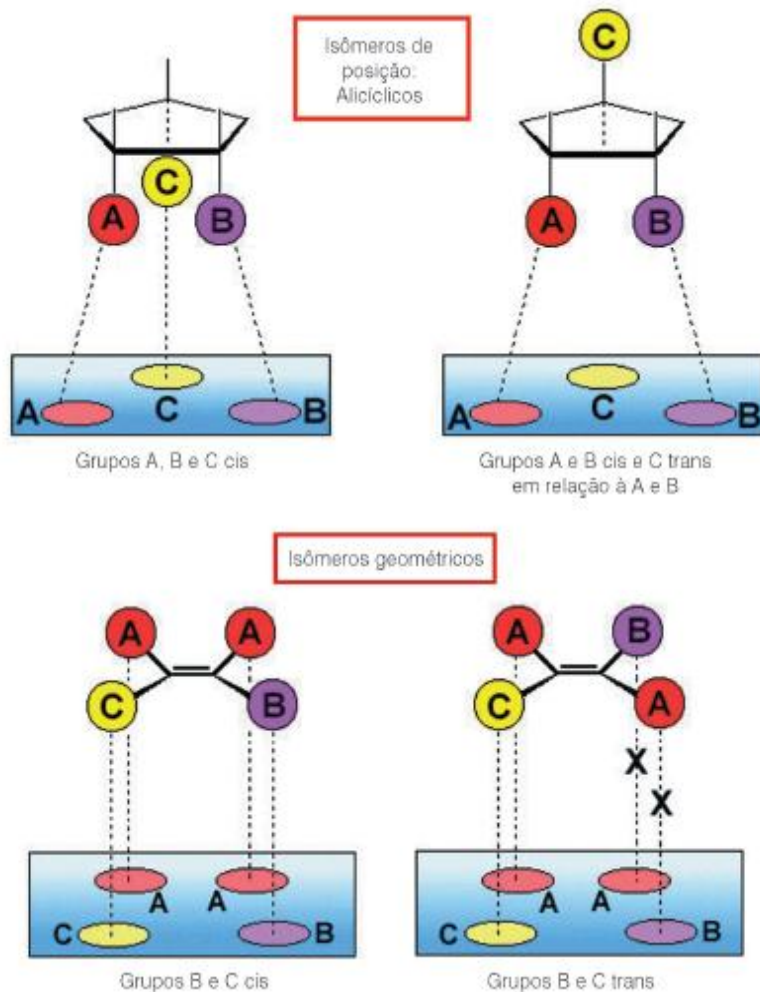


Figura 11: Configuração relativa e o reconhecimento molecular ligante receptor.

Conformação e atividade biológica. As variações de arranjo espacial envolvendo a rotação de ligações covalentes sigma, associadas a um custo energético normalmente inferior a 10 kcal.mol⁻¹, são chamadas 'conformações'. Este tipo particular de estereoisomeria é extremamente relevante para o reconhecimento molecular de uma série de mediadores químicos endógenos como dopamina, serotonina, histamina e acetilcolina, explicando os seus diferentes perfis de atividade biológica dependentes da modulação de diferentes subtipos de receptores, como D1/D2/D3/D4/D5, 5-HT1/5-HT2/5-HT3, H1/H2/H3 e muscarínicos/ nicotínicos, respectivamente. Um exemplo é a acetilcolina (neurotransmissor), capaz de sensibilizar os receptores muscarínicos e os nicotínicos.

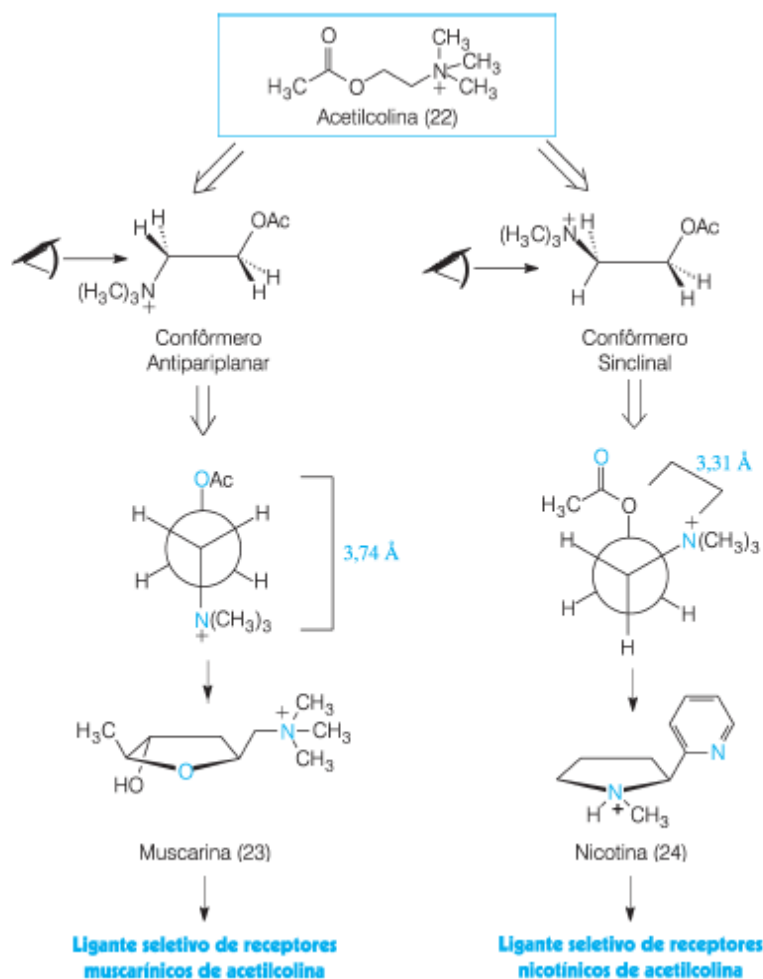


Figura 12: Variações conformacionais da acetilcolina (22) e o reconhecimento molecular seletivo dos grupamentos farmacofóricos pelos receptores muscarínicos e nicotínicos.

7) Processos Modernos no Desenvolvimento dos Fármacos: Modelagem Molecular

A modelagem molecular é uma ferramenta importante no desenvolvimento de fármacos. Neste trabalho, descrevemos os dois principais métodos empregados na elaboração de programas de modelagem molecular: métodos de mecânica molecular e métodos semi-empíricos. A enzima HIV protease (HIVPR) foi selecionada como alvo terapêutico para mostrar como a modelagem molecular pode ser utilizada no planejamento racional de novos inibidores de HIVPR.

A primeira etapa em estudos de modelagem molecular é desenhar a estrutura da molécula. Em seguida, a molécula é otimizada objetivando encontrar parâmetros geométricos tais como comprimentos e ângulos de ligação (Figura 1) que estejam próximos aos valores determinados experimentalmente. Desta forma, pode-se avaliar a qualidade do programa de modelagem molecular selecionado para efetuar os cálculos

considerando que ele deve ser capaz de representar corretamente a estrutura molecular sem que os parâmetros estruturais da referida molécula tenham sido usados para elaborá-lo.



Figura 1: Representação do comprimento de ligação (d_{21} e d_{32}) e ângulo de ligação (a_{321}) definidos pelos átomos At1, At2 e At3.

Métodos empregados na elaboração de programas de modelagem molecular. Um programa de modelagem molecular permite a representação, visualização, manipulação e determinação de parâmetros geométricos (comprimento e ângulo de ligação) e eletrônicos (energia dos orbitais de fronteira, momento de dipolo, potencial de ionização etc.) de uma molécula isolada, além de realizar estudos em macromoléculas (proteínas) e complexos droga–receptor.

Mecânica molecular (MM) é um método que calcula a estrutura e a energia das moléculas com base nos movimentos dos núcleos. Os elétrons não são considerados explicitamente, mas, ao contrário, é assumido que eles encontrarão uma distribuição ótima, uma vez que as posições dos núcleos são conhecidas. Assim, pode-se admitir que a mecânica molecular trata a molécula como uma coleção de esferas conectadas por molas, onde as esferas representam os núcleos e as molas representam as ligações (Figura 2).

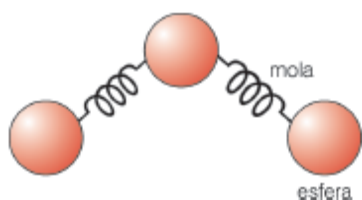


Figura 3: Representação de uma molécula utilizando princípios de modelagem molecular onde as esferas são os átomos e a mola representa a ligação entre eles.

O campo de força é usado para calcular a energia e a geometria de uma molécula. Em um determinado campo de força, um dado elemento pode ter diferentes tipos de átomos. A energia total de uma molécula pode ser dividida em várias partes denominadas forças potenciais ou equações de energia potencial. Estas forças potenciais são calculadas independentemente e somadas para obter a energia total da molécula.

$$E_{TOTAL} = E_s + E_a + E_t + E_{vdW} \quad (1)$$

Deformação no comprimento de ligação. Se uma determinada ligação é comprimida ou estirada a energia sobe (Figura 3). Desta forma, o campo de força é parametrizado com

valores de distância, por exemplo, para uma ligação C-C com hibridização sp^3 e o desvio destes valores acarreta um aumento na energia da molécula



Figura 3: Deformação no comprimento de ligação.

Deformação angular. A função potencial para a deformação angular (Figura 4) deve considerar os diferentes tipos de átomos e hibridização molecular. Assim, o campo de força deve ser capaz de contemplar casos especiais, como por exemplo o ciclobutano.

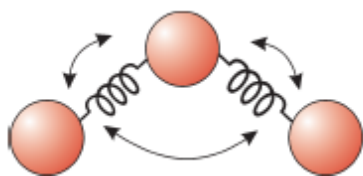


Figura 4: Deformação no ângulo de ligação.

Barreira de energia de rotações intramoleculares (ângulos de torção) A análise conformacional envolve a rotação do ângulo de torção φ que é formado por quatro átomos (A1, A2, A3 e A4). Estas rotações intramoleculares exigem energia. Na Figura 5, o valor de ângulo de torção φ é de 180° e posiciona os átomos A1 e A4 o mais distante possível (conformação mais estável). Mudanças no ângulo de torção φ ocasionam uma aproximação dos referidos átomos provocando um aumento de energia do sistema.

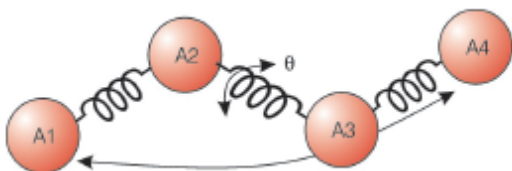


Figura 5: Ângulo de torção (θ) com um valor de 180° .

Interações de van der Waals O raio de van der Waals de um átomo é o seu tamanho efetivo. Quando dois átomos não ligados são aproximados, a atração de van der Waals entre eles aumenta (decréscimo na energia). Quando a distância entre eles é igual à soma dos raios de van der Waals, a atração é máxima. Se os átomos são aproximados ainda mais, ocorre uma forte repulsão de van der Waals (Figura 6).

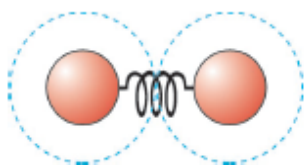


Figura 6: Interações de van der Waals.

Métodos semiempíricos. São baseados no mesmo formalismo dos métodos *ab initio*, mas parte de seus parâmetros são ajustados a dados experimentais, aumentando a curacidade química e a velocidade dos métodos de orbitais moleculares. Os métodos semiempíricos mais recentes são AM1 (*Austin Model 1*) e PM3 (*Parametric Method 3*) contidos em diversos pacotes de cálculos teóricos.

Conclusões. Os estudos de modelagem molecular propiciaram a obtenção de novos inibidores de HIV protease mais potentes. Assim, a modelagem molecular tem-se tornado uma ferramenta importante no planejamento de novos fármacos. A sua importância pode ser observada no grande interesse de companhias voltadas na elaboração de programas de modelagem (*software*) que buscam retratar com acurácia os parâmetros eletrônicos e estruturais tanto de moléculas isoladas quanto complexadas a uma biomacromolécula (enzima, proteína ou receptor) traduzindo com maior precisão o processo de interação fármaco-receptor.

CADERNO TEMÁTICO #4

ESTRUTURA DA MATÉRIA: UMA VISÃO MOLECULAR

A nossa compreensão da estrutura da matéria é usualmente apoiada no comportamento macroscópico de materiais e substâncias em geral. Para as partículas muito pequenas, utiliza-se a mecânica quântica, para analisar o comportamento da matéria através da análise das propriedades dos átomos e moléculas que a constituem, com seus diversos conceitos e métodos.

1) O conceito da Modelagem Molecular

A necessidade de representar a estrutura da matéria no nível molecular levou ao desenvolvimento de uma nova área de pesquisa dentro da física e da química, conhecida como modelagem molecular. Neste artigo fazemos uma introdução aos conceitos fundamentais da modelagem molecular.

Por teoria entende-se um conjunto de leis capazes de fornecer resultados e conclusões a partir de um número de variáveis conhecidas. Normalmente, espera-se que as teorias se apliquem com a precisão definida pelos próprios limites da natureza. Por outro lado, os modelos têm por objetivo descrever aspectos específicos de certas propriedades do sistema. A aplicação de modelos teóricos para representar e manipular a estrutura de moléculas, estudar reações químicas e estabelecer relações entre a estrutura e propriedades da matéria constitui o domínio de atuação da modelagem molecular.

Modelagem molecular pode ser definida como todo tipo de estudo que envolve a aplicação de modelos teóricos utilizando os conceitos de átomo e molécula na descrição de estrutura e propriedades de interesse em química. Na tabela 1, são representados alguns modelos moleculares.

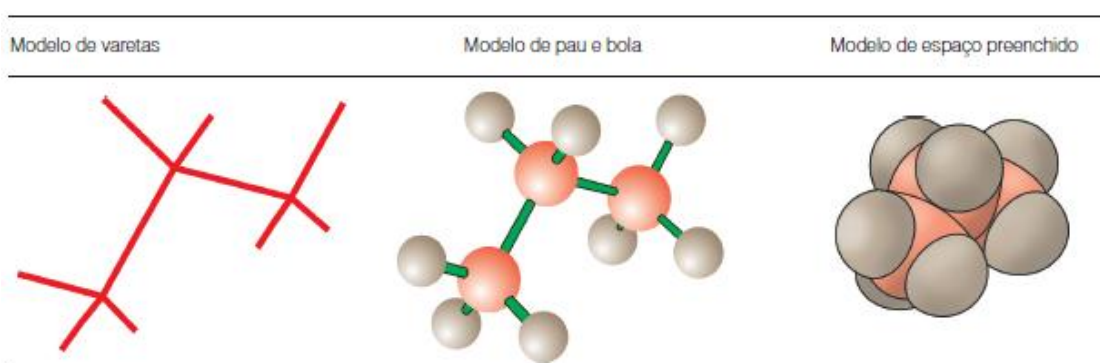


Tabela 1: Três diferentes modelos de representação da estrutura do propano. Estas formas de representação de moléculas foram desenvolvidas entre 1959-1965

2) Modelos Teóricos para a compreensão da estrutura da matéria

A matéria é constituída de subpartículas (prótons, elétrons e nêutrons) cujo comportamento deve ser descrito pela teoria quântica. No presente artigo apresentamos os principais aspectos relacionados ao conceito e ao formalismo da química quântica.

A espectroscopia tem como fundamento básico revelar o efeito da interação da radiação com a matéria, estando esta no estado gasoso, líquido ou sólido. Os químicos buscam modelos e teorias mais adequadas para a descrição da interação da radiação com a matéria. No caso do átomo de hidrogênio, várias equações empíricas foram propostas para descrever seu espectro atômico (Figura 1 e Tabela 1).

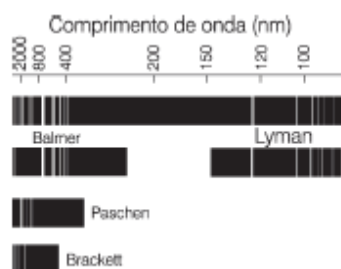


Figura 1: Espectro atômico do átomo de hidrogênio em diferentes regiões do espectro eletromagnético

Tabela 1: Diferentes séries propostas empiricamente para descrever o espectro de emissão atômico do átomo de hidrogênio (Figura 2).

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \therefore R_H = 10967757,6 \text{ m}^{-1}$$

Nome da série	Região do espectro eletromagnético	m	n
Lyman	Ultravioleta	1	2, 3, 4...
Balmer	Visível	2	3, 4, 5...
Paschen	Infravermelho	3	4, 5, 6...
Brackett	Infravermelho	4	5, 6, 7...
Pfund	Infravermelho	5	6, 7, 8...

O padrão de espaçamento entre as linhas do espectro pode ser reproduzido com o auxílio da equação empírica mostrada na Tabela 1, sendo R_H a constante de Rydberg e m e n números inteiros que assumem valores característicos nas diferentes regiões do espectro eletromagnético. Considerando as relações entre radiação, energia e matéria, pode-se observar que quando gases são expostos a uma descarga elétrica ou aquecidos a temperaturas altas, uma emissão característica de luz é observada. Esta consiste de uma série de linhas distintas, chamadas bandas de radiação, distribuídas em várias frequências, com pouca ou nenhuma radiação em frequências intermediárias (Figura 2). Um sólido aquecido, por um outro lado, produz um espectro que parece ser uma função contínua do comprimento de onda. Um espectro como este é chamado de espectro de corpo negro ideal ou espectro normal, que não depende da natureza, tamanho ou forma do sólido, mas somente da temperatura (Figura 3). A radiação de corpo negro é a radiação eletromagnética em equilíbrio térmico com o corpo negro a uma temperatura específica. Através da análise da radiação do corpo negro, foi estabelecido experimentalmente que a densidade de energia total, ρ , é dada pela lei de Stefan-Boltzmann. $\rho = \sigma \cdot T^4$ (1) sendo σ uma constante, $7,56 \times 10^{-16} \text{ J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-4}$, e T a temperatura absoluta (em K).

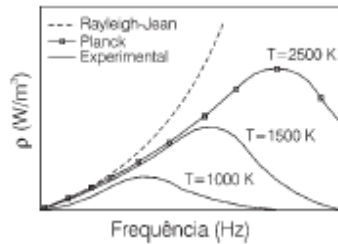


Figura 2: Espectro de radiação do corpo negro

Efeito Fotoelétrico. É a emissão de elétrons de uma superfície, devido à incidência de luz sobre essa superfície. A energia do pacote, ou fóton, está relacionada à sua frequência ν pela equação $E = h \cdot \nu$;

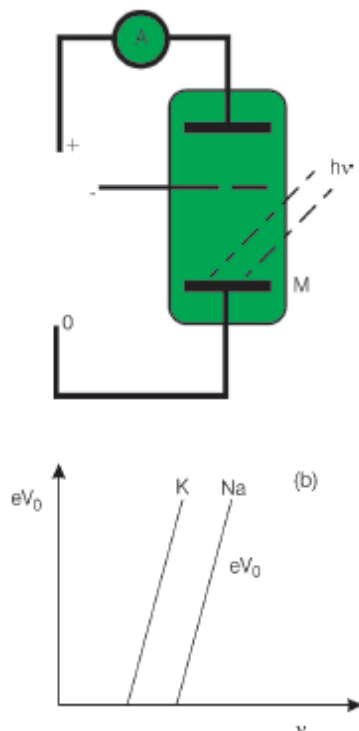


Figura 3: Ilustração do efeito fotoelétrico

Postulado fundamental da mecânica quântica. Para qualquer sistema material, existe uma função de onda (Ψ) associada, a qual é função das coordenadas e tempo, que contém toda informação que pode ser obtida sobre o sistema, e satisfaz a equação abaixo: $\hat{O}\Psi = o\Psi$ sendo o uma propriedade observável do sistema e \hat{O} o operador correspondente. O conceito de operador pode parecer novo para alguns leitores, mas com certeza todos já fizeram uso de algum tipo de operador em exercícios de cálculo. Exemplos de operadores clássicos são a raiz quadrada ($\sqrt{\quad}$) e a derivada (d/dx), ou seja, operador é “algo” que executa algum tipo de operação sobre uma função matemática. Em mecânica quântica, o uso de operadores constitui parte da teoria, como descrito pelo teorema fundamental. O valor de E e a forma de Ψ dependem do operador Hamiltoniano (\hat{H}), o qual possui contribuições da energia cinética (\hat{K}) e potencial (\hat{V}) da partícula.

A equação de Schrödinger, $\hat{H}\Psi = E\Psi$, corresponde a um problema de ‘autovalor’ e ‘autovetor’, sendo a energia total (E) o autovalor e a função de onda (Ψ) o autovetor. De acordo com o postulado fundamental da mecânica quântica, a função de onda associada à partícula contém todas as informações necessárias para a determinação de suas propriedades observáveis.

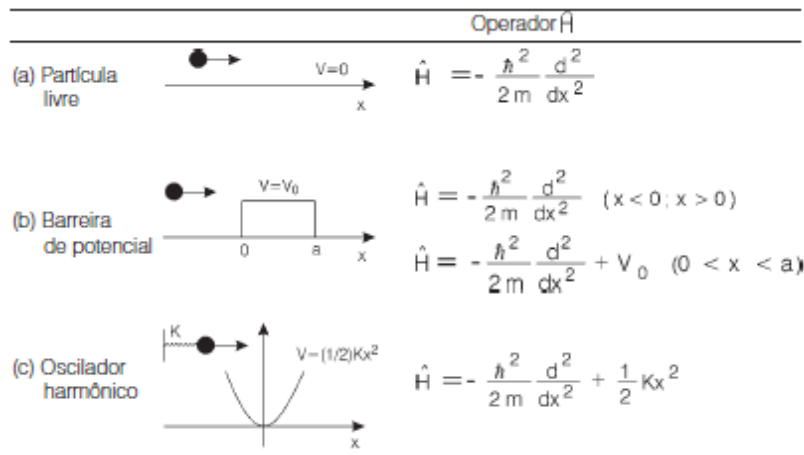


Figura 4: Exemplos do operador Hamiltoniano para o movimento de uma partícula de massa m em diferentes campos de força definidos pela função (operador) potencial V .

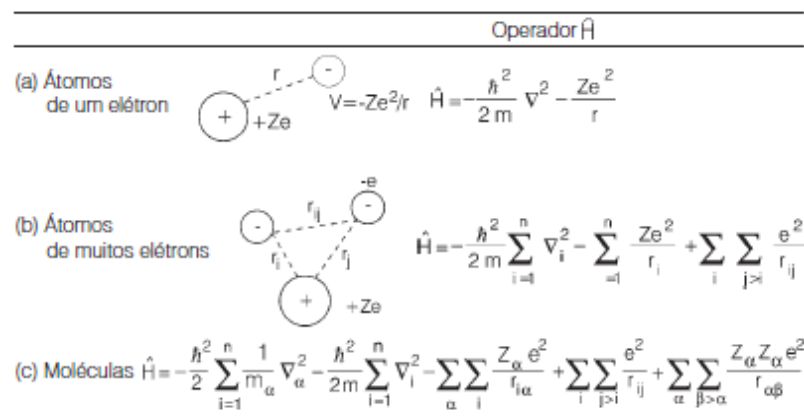


Figura 5: Exemplos do operador Hamiltoniano para átomos e moléculas. Na Equação (a) a massa do elétron, m , foi utilizada em substituição à massa reduzida.

É importante reforçar que a mecânica quântica é atualmente a teoria aceita e válida para descrever fenômenos relacionados à estrutura da matéria. Entretanto, devido à complexidade do formalismo matemático, torna-se necessária a utilização de aproximações teóricas.

3) Ligações Químicas: ligação iônica, covalente e metálica

A natureza da ligação química é revelada a partir da estrutura eletrônica dos átomos, mostrando como esta afeta as propriedades macroscópicas das substâncias. Os três tipos mais comuns de ligações químicas, consideradas fortes e que estão presentes na maioria das moléculas (ligação iônica, ligação covalente e ligação metálica), são discutidos em detalhes. As ligações químicas são a combinação entre átomos, moléculas e íons onde cada espécie química procura uma maior estabilidade.

A partir da estrutura eletrônica do átomo, mostra-se como a ligação química afeta as propriedades macroscópicas das substâncias. Os três tipos mais fortes de ligação são apresentados: iônica, covalente e metálica.

Com a mecânica quântica, a resolução da Equação de Schrödinger, e a constatação de que os elétrons se comportam como onda e partícula, relacionou-se as propriedades químicas dos elementos com sua estrutura eletrônica, como as propriedades periódicas, explicadas pela energia e a forma dos orbitais.

A ligação química é a interação de dois átomos, ou grupos de átomos, e depende do rearranjo da estrutura eletrônica em uma nova molécula. Destacamos duas propriedades periódicas para compreendermos a natureza da ligação química: o potencial de ionização (PI) e a afinidade eletrônica (AE).

Potencial de ionização é a energia requerida para retirar um elétron do átomo e a afinidade eletrônica é a energia liberada quando um átomo recebe um elétron.

Por exemplo, para elementos do segundo período da tabela periódica (Li, Be, B até Ne) observa-se que o Neônio é o elemento com menor afinidade eletrônica (-29 kJ.mol^{-1}), e com maior potencial de ionização (2080 kJ.mol^{-1}) ou seja, menor tendência a receber ou doar elétrons. Outros elementos doam elétrons mais facilmente e outros recebem elétrons liberando energia, com a formação de ânions ou cátions (respectivamente).

A natureza da ligação química depende do rearranjo dos elétrons na molécula formada.

Na ligação iônica, temos a evidência de compostos formados por íons: metais alcalinos (Li, Na, K) e halogênios (F, Cl) formam sais que se dissolvem em solução aquosa, conduzindo eletricidade. A energia de coesão de um sal se deve às interações eletrostáticas? Analisando esses íons em fase gasosa, quando não há interação entre eles, calcula-se a energia de rede (energia liberada nesta fase) a partir de dados termodinâmicos, sendo que essa energia depende da interação entre duas cargas, do cátion e do ânion.

Para um sólido, a energia de rede é a soma da interação de um íon com todos os outros, pois temos uma carga positiva rodeada por cargas negativas, e estas, rodeadas por cargas positivas, e assim por diante. A energia de rede é função de $-1/r$, portanto, quanto mais

r diminui (menor a distância entre dois íons), menor é a energia de rede. Quanto maior o valor de r, mais estável seria o sistema e a separação entre os íons tenderia para zero causando um colapso. Então, Bom-Lande propôs que uma força de repulsão entre dois íons de cargas opostas seria proporcional ao valor de r.

Essa repulsão, mesmo para íons de cargas opostas, se deve à superposição das distribuições eletrônicas quando r se torna muito pequeno. Os expoentes de Born são funções da configuração eletrônica. Desta forma, a energia de rede em função de r é dada pela soma das contribuições devido à atração eletrostática e a repulsão devido a superposição das distribuições eletrônicas dos íons.

Na natureza, os átomos se unem em função da eletronegatividade, relacionada ao potencial de ionização e com a afinidade eletrônica. Segundo Mulliken, a eletronegatividade é dada por $c = \frac{1}{2} (PI + AE)$.

Quando a transferência de elétrons é devida à diferença de eletronegatividade entre os átomos, tratamos o sistema como uma interação entre íons (eletrostática). No entanto, há uma interação provocada por elétrons que podem ser encontrados próximos ao átomo menos eletronegativo (valência).

Na ligação covalente: moléculas diatômicas como O₂, N₂, H₂, os dois átomos competem igualmente pelos elétrons, e os elétrons são compartilhados pelos dois átomos. Isso acontece apenas para os elétrons de valência (da última camada), com maior energia, assim a matéria formada torna-se mais estável em relação à tendência dos elétrons escaparem do sistema (maior PI e menor AE).

Segundo a regra do octeto: quando os átomos doam, recebem ou compartilham elétrons para apresentar configuração eletrônica semelhante à dos gases nobres, se tornam mais estáveis.

Do ponto de vista da química quântica, a equação de Schrödinger pode ser resolvida por TLV (teoria da ligação de valência) ou por TOM (teoria dos orbitais moleculares).

-Teoria dos orbitais moleculares (TOM) – Para a molécula de H₂, acha-se uma função de onda que minimize a energia total dos sistemas, calculada pela equação de Schrödinger. A função de onda é uma função matemática das coordenadas dos dois elétrons da molécula e tem as mesmas propriedades que o orbital atômico. A função contém informações para se obter as propriedades observáveis da molécula, como momento de dipolo, energia cinética, potencial de ionização. Essa função é assimétrica com relação à troca das coordenadas de dois elétrons, pois cada orbital molecular pode ser ocupado com no máximo 2 elétrons, com spins opostos (regra de exclusão de Pauli).

Para se descrever os orbitais moleculares, usa-se a combinação linear de orbitais atômicos (CLOA) de modo a minimizar a energia, permitindo a melhor combinação entre os orbitais atômicos. A energia eletrônica nunca será mais baixa que o valor exato, segundo a

Equação $E = \langle \Psi | A | \Psi \rangle$

Para o hidrogênio o orbital 1 s dos átomos A e B formam dois orbitais, um mais estável (ligante) e um menos estável (antiligante). Os orbitais de mais

baixa energia são ocupados primeiro. A energia dos orbitais atômicos é mais alta do que a dos orbitais moleculares ocupados, explicando-se a formação da ligação química. Para uma molécula hipotética He_2 , isso não aconteceria, pois cada orbital atômico contribuiria com 2 elétrons e os orbitais moleculares ligante e antiligante estariam ocupados, desestabilizando o sistema.

A TOM é usada qualitativamente para racionalizar as reações químicas. É necessário somente saber as quatro constantes básicas da física: velocidade da luz, constante de Planck, carga do elétron e número atômico. Mas esses cálculos não são possíveis para moléculas com mais que algumas dezenas de átomos pertencentes à segunda linha da tabela periódica.

-Teoria da Ligação de Valência (TLV) – racionaliza a ligação química em compostos orgânicos. Os elétrons de valência estão disponíveis pois: 1) estão desemparelhados ou podem se desemparelhar com um custo energético baixo; 2) na formação de uma ligação química, os orbitais devem se superpor e no caso dos orbitais de valência, mais difusos, a superposição é mais eficiente. A ligação, de acordo com a TLV, ocorre quando dois orbitais, cada um com apenas um elétron, se superpõem construtivamente. O ponto fraco está em enfatizar o caráter covalente da ligação. A formação da molécula de hidrogênio é usada como exemplo. O composto hidreto de berílio ilustra outro exemplo, discutindo-se a presença de outros três orbitais vazios na estrutura eletrônica do Be. Nesse caso, há formação de um orbital híbrido sp, que se superpõe ao orbital 1 s do hidrogênio. A geometria de moléculas como o BF_3 é discutida, nesse caso, sendo triangular para fazer uma melhor superposição. Outros exemplos são o CH_4 (4 orbitais atômicos gerando 4 orbitais híbridos e forma tetraédrica), NH_3 (três orbitais híbridos e forma de pirâmide trigonal) e H_2O (dois orbitais sp^3 para interagir com o hidrogênio, forma angular). Nos átomos que apresentam orbitais d vazios, pode ocorrer expansão do octeto (formação de orbitais híbridos entre os orbitais d e s e p), a partir da terceira linha da tabela periódica, para moléculas cujos átomos possuem mais de 4 ligações químicas, como exemplo o PCl_5 .

Ligação metálica: no metal, temos todos os orbitais atômicos com a mesma energia e forma, ou seja, em um agregado de 4 átomos teremos 4 orbitais d_{xy} , cada um com um elétron, formando 4 orbitais moleculares. Para grande número de orbitais usamos o termo banda, como se houvesse um contínuo de estados eletrônicos possíveis. Para os metais alcalinos a banda mais alta em energia é chamada banda s, constituída dos elétrons s da camada de valência, sendo esses de fácil condução. O estado de mais alta energia ocupado é chamado de energia de Fermi, por analogia, o potencial de ionização do metal é em referência igual a zero. A diferença entre a banda de valência, próxima ao nível de Fermi e a banda dos estados não ocupados é a lacuna de energia, relacionada às propriedades dos metais. O tamanho desta lacuna classifica o metal em condutor, semicondutor ou isolante. O paládio é usado como exemplo para explicar o fato de apresentar paramagnetismo devido a grande densidade de estados próximo ao nível de Fermi.

Ligação química: interação entre dois átomos, agregados ou moléculas, levando a um estado de equilíbrio relativamente estável com o tempo. A energia do sistema abaixa, estabilizando-o.

As interações são mais fortes ou fracas, dependendo das forças envolvidas. A molécula de água é usada pra ilustrar as interações.

Exemplos de reações envolvendo catálise, na indústria e setor tecnológico são citados para ilustrar a interação de compostos como metais, que doam elétrons populando orbitais antiligantes e facilitando a quebra de ligações químicas.

4) Espectroscopia Molecular

A espectroscopia pode ser entendida como uma retratação de qualquer tipo de interação da radiação eletromagnética com a matéria. Através da análise minuciosa do espectro observado podemos obter informações relevantes sobre a estrutura molecular e modo de interação entre moléculas.

ESPECTROSCOPIA MOLECULAR- Luis Fernando C. de Oliveira

O artigo inicia questionando o porquê das cores dos objetos que nos circundam e o efeito da luz do sol sobre os materiais, como o aquecimento.

A espectroscopia é definida como a interação da radiação eletromagnética com a matéria. Fenômenos naturais como a visão são citados. O arranjo molecular dos átomos e o efeito de transição dos elétrons também fazem parte dessa interação. Isaac Newton descobriu que a luz branca do sol era o somatório de outras luzes, entre o violeta e o vermelho (como no arco-íris)

A luz se comporta como partícula (fótons) e como onda, apresentando comprimento de onda (distância entre dois máximos) e frequência (número de vezes por segundo que essa onda é gerada). A relação entre as duas é $c = \lambda\nu$, sendo c a constante de proporcionalidade, ν a velocidade de luz no vácuo ($3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$). A quantidade de energia é calculada pela equação de Planck $E = h\nu$, $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$. Por exemplo, a luz vermelha tem comprimento de onda de 632,8 nm e energia de 2eV. Quando em contato com a matéria, ocorre algum fenômeno espectroscópico. Esses fenômenos nos permitem obter informações sobre a matéria, pois ocorre transição entre estados energéticos, como transições eletrônicas, vibracionais e rotacionais.

Na transição eletrônica: um elétron passa de um estado de menor energia para um de maior energia, absorvendo radiação. Nos demais tipos, ocorre mudança de posição relativa dos átomos na molécula, e podemos definir seus graus de liberdade moleculares (movimentos que podem ser efetuados pelos átomos).

São três, os tipos de transições: vibracionais, onde os núcleos dos átomos mudam de posição devido a mudanças nas distâncias de ligação; rotacionais, os átomos mudam devido a rotações sobre eixos definidos, e as translacionais, devido ao movimento de translação da

molécula como um todo. Para uma molécula linear haverá três modos rotacionais, e dois modos translacionais e os movimentos vibracionais serão $3N - 5$ ($N =$ número de átomos). Para uma molécula não linear, haverá $3N - 6$ movimentos vibracionais.

Para a molécula diatômica genérica AB, existe apenas um modo vibracional (devido à distância de ligação entre os dois átomos). Para molécula ABC linear, haverá 4 movimentos vibracionais. Se não linear, apenas três modos. Conhecendo-se a geometria da molécula, inferimos propriedades e conhecendo as propriedades espectroscópicas, determina-se sua geometria.

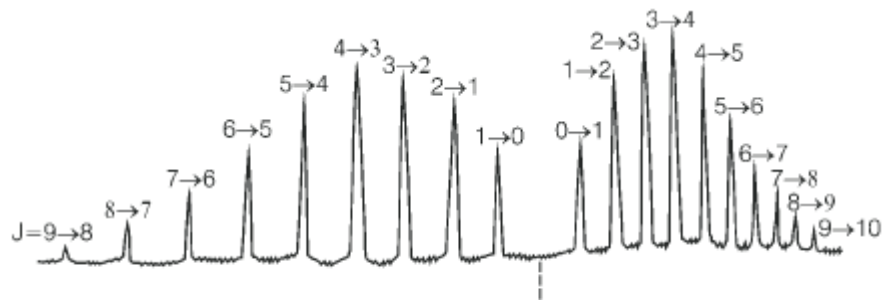


Figura 1: Espectro rotacional típico de uma molécula diatômica. Observar o decréscimo no espaçamento energético com o aumento do número quântico rotacional, J , no ramo R (à direita), e o correspondente acréscimo no ramo P (à esquerda).



Figura 2: Diagrama de níveis de energia para o átomo de hidrogênio.

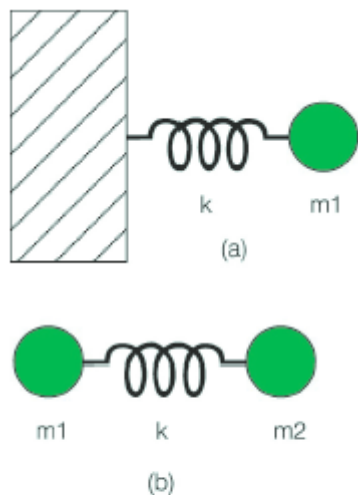


Figura 3: Modelo do oscilador harmônico: (a) partícula ligada a uma parede de massa muito maior, e (b) duas partículas de massas m_1 e m_2 ligadas.



Figura 4: Desenho de molécula diatômica homonuclear, mostrando momento de dipolo nulo (a), molécula diatômica heteronuclear, mostrando momento de dipolo diferente de zero (b) e tetracloro de carbono, cujas ligações químicas são polares, mas a geometria anula as contribuições, originando momento de dipolo igual a zero (c).

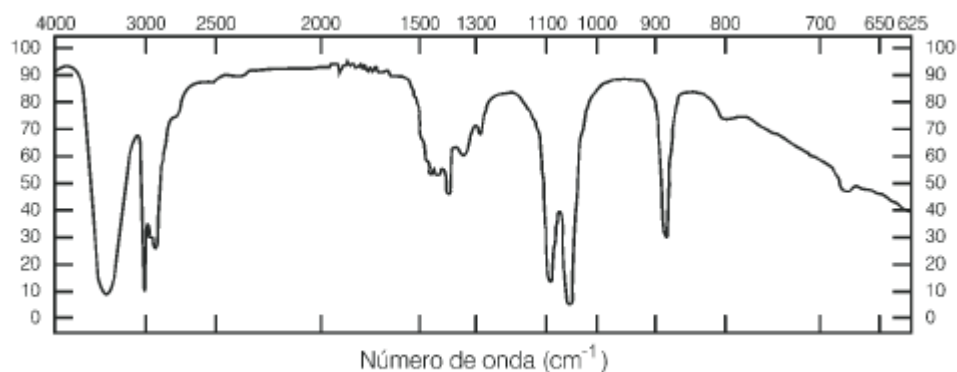


Figura 5: Espectro infravermelho do álcool etílico, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.

5) Interações Intermoleculares

Este artigo tem por objetivo fornecer uma descrição qualitativa dos principais tipos de interações intermoleculares que atuam nos sistemas químicos, e mostrar como o entendimento de tais interações pode auxiliar na racionalização de propriedades macroscópicas observáveis.

INTERAÇÕES MOLECULARES – Willian R. Rocha

Átomos, moléculas ou íons podem reagir ou interagir. Na reação, ligações químicas são quebradas ou formadas e as energias envolvidas variam entre 50 e 100 kcal.mol⁻¹. Na interação, chamada não covalente ou intermolecular, as moléculas apenas se atraem ou se repelem, com energias muito menores. Essas interações se relacionam com as propriedades termodinâmicas. Por exemplo, a temperatura de ebulição de hidrocarbonetos varia linearmente com o número de átomos de carbono, e este é o único fator diferente entre as moléculas. Macroscopicamente, essas moléculas são completamente diferentes: CH₄ é um gás e C₈H₈ é um líquido, à temperatura ambiente. As propriedades de um sistema químico se relacionam com sua composição e estrutura tridimensional.

Compostos com massas moleculares próximas estão em diferentes fases: à temperatura ambiente, como butano (gás), acetona e álcool isopropílico (líquidos), sendo que entre estes últimos a única diferença é a substituição de um grupo C=O por um grupo C-OH. Assim a acetona torna-se muito mais volátil que o álcool. A mudança dos grupos funcionais é acompanhada na mudança estrutural, afetando sua interação no líquido.

Em sistemas biológicos, DNA, RNA, proteínas etc., são mantidas em suas estruturas tridimensionais através de interações intra e intermoleculares. Os processos orgânicos são relacionados com o reconhecimento molecular específico, definido como interações fracas. As interações intermoleculares específicas (ligações de hidrogênio) entre os pares de bases mantêm a estrutura tridimensional em hélice do DNA.

Descrição das forças intermoleculares: um breve histórico sobre o estudo dessas interações é descrito, mostrando a combinação das relações de Boyle, Charles e Gay-Lussac, resultando na equação dos gases ideais $PV = nRT$, sendo P a pressão, V o volume, T a temperatura, n o número de mols do gás no recipiente e R a constante universal dos gases ideais.

Para um gás ideal, não existe nenhuma interação entre suas partículas constituintes. Os desvios do comportamento ideal aparecem quando o fator de compressibilidade Z provoca forças de interação. As forças intermoleculares são de natureza elétrica, assim uma molécula influencia o comportamento de outra próxima. As interações são de curto alcance e de longo alcance.

As interações iônicas são interações eletrostáticas fortes (entre cátions e ânions), e predominam nos compostos iônicos, como cloreto de sódio, acetato de sódio e podem ser atrativas ou repulsivas, descritas pela Lei de Coulomb. A contribuição eletrostática para a energia intermolecular varia com o inverso da distância da separação intermolecular, $1/r$ e confere aos sólidos alto ponto de fusão e ebulição.

As interações do tipo dipolo-dipolo ocorrem em moléculas constituídas de átomos diferentes onde os elétrons não são compartilhados de maneira equivalente. Assim, ocorre uma polarização das ligações, refletindo na interação da molécula. O fato é ilustrado pela molécula de acetona. A energia da interação depende da orientação entre os dois dipolos e varia com $1/r^3$.

As interações dipolo permanente-dipolo induzido ocorrem quando uma molécula com dipolo permanente induz um dipolo em uma molécula próxima. A força depende do momento de dipolo da primeira molécula e da facilidade da outra de ser polarizada. Essa interação varia com $1/r^4$.

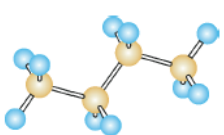
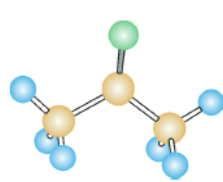
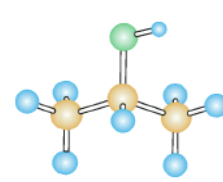
As interações de dispersão ocorrem quando compostos apolares interagem, fazendo aparecer uma força atrativa muito fraca, uma interação dipolo induzido-dipolo induzido. Também é chamada de força de dispersão de London e é uma interação muito fraca, variando com $1/r^6$. Só aparece quando as outras interações não estão presentes, como no caso dos hidrocarbonetos citados na introdução.

As ligações de hidrogênio requerem que um átomo aceptor (A) com um par de elétrons não ligados e um átomo doador D (que carrega um hidrogênio ácido) sejam átomos eletronegativos (N, O, F). É uma interação muito forte e está relacionada com a natureza dos átomos doadores e aceptores de prótons.

As tendências observadas nas interações intermoleculares são responsáveis pelas propriedades físicas da matéria. O ponto de fusão para substâncias com interações fortes é mais alto. As energias de mudança de fase são relacionadas com a força de atração entre as moléculas.

Conclusões e leituras adicionais: o entendimento microscópico das interações intermoleculares auxilia na compreensão das propriedades macroscópicas. Algumas sugestões de livros para consulta sobre termodinâmica são citadas. Técnicas de simulação de dinâmica molecular e o método de Monte Carlo são sugeridos para estudos termodinâmicos do sistema em equilíbrio, bem como bibliografia adicional.

Tabela 1: Relação entre a estrutura e propriedades químicas.

Nome	butano	acetona	alcool isopropílico
Fórmula molecular	C_4H_{10}	C_3H_6O	C_3H_8O
Massa molecular (g/mol)	58	58	60
Estrutura bidimensional	$\begin{array}{cccc} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array}$	$\begin{array}{ccc} H & O & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & & H \end{array}$	$\begin{array}{ccc} H & OH & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$
Estrutura tridimensional			
Temperatura de ebulição (°C)	-0,6	56	82
Tipo de interação	Dispersão	Dipolo - Dipolo	Ligação de hidrogênio

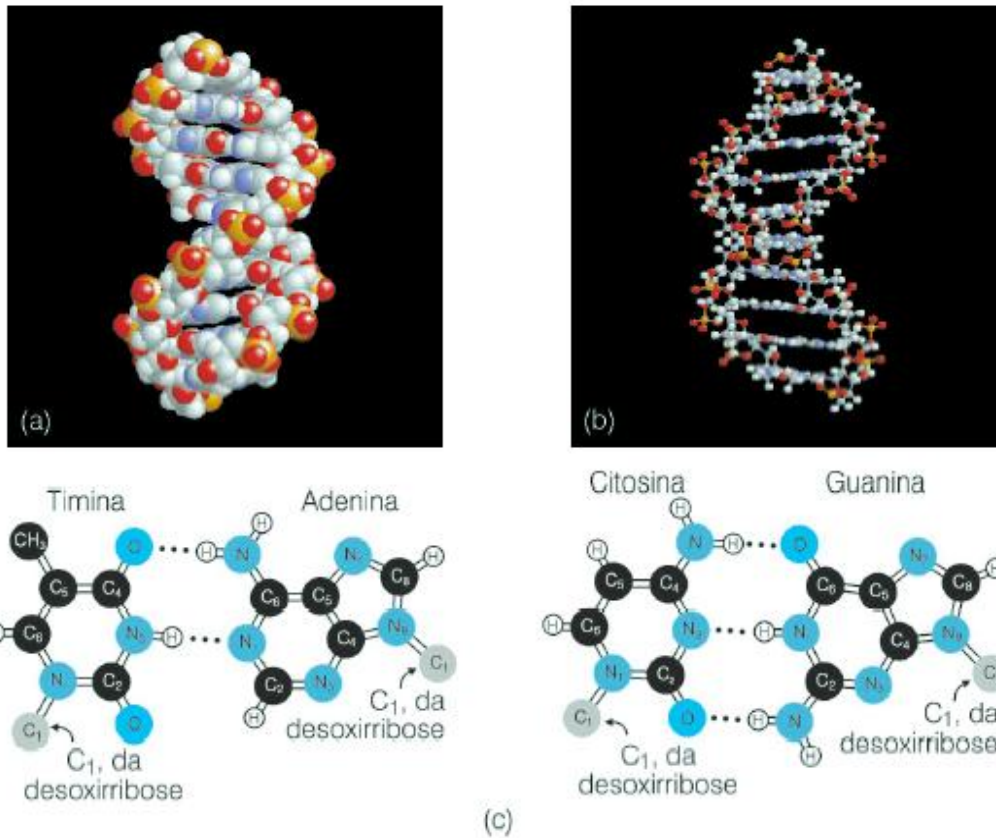


Figura 2: Estrutura tridimensional da molécula de DNA. (A) modelo de espaço preenchido. (B) modelo bola e vareta. (C) interações intermoleculares específicas (ligações de hidrogênio) entre os pares de bases.

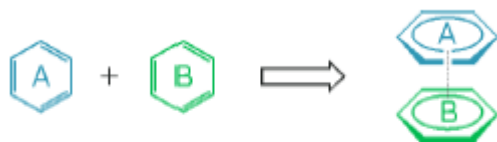


Figura 3: Formação de um complexo intermolecular entre duas moléculas de benzeno.

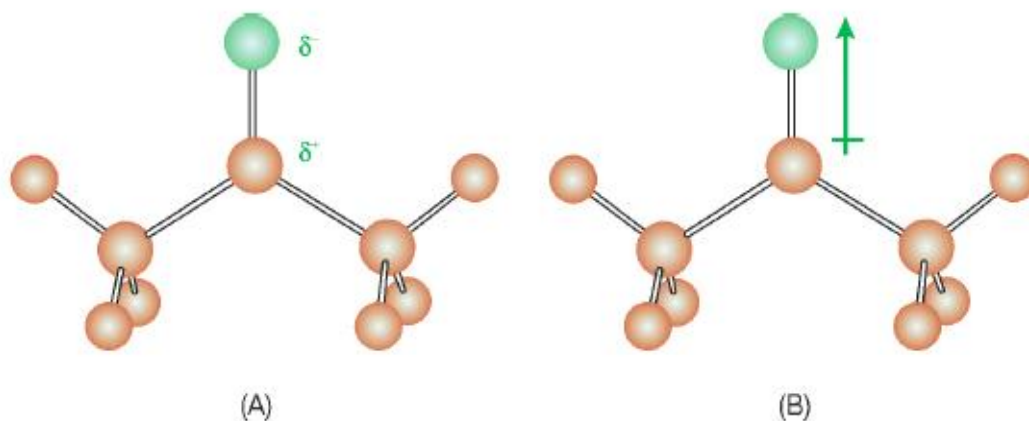


Figura 4: Momento de dipolo molecular da molécula de acetona. (A) distribuição de cargas, (B) orientação do vetor momento de dipolo resultante.

CADERNO TEMÁTICO #5

QUÍMICA, VIDA E AMBIENTE;

1) Química a serviço da Humanidade

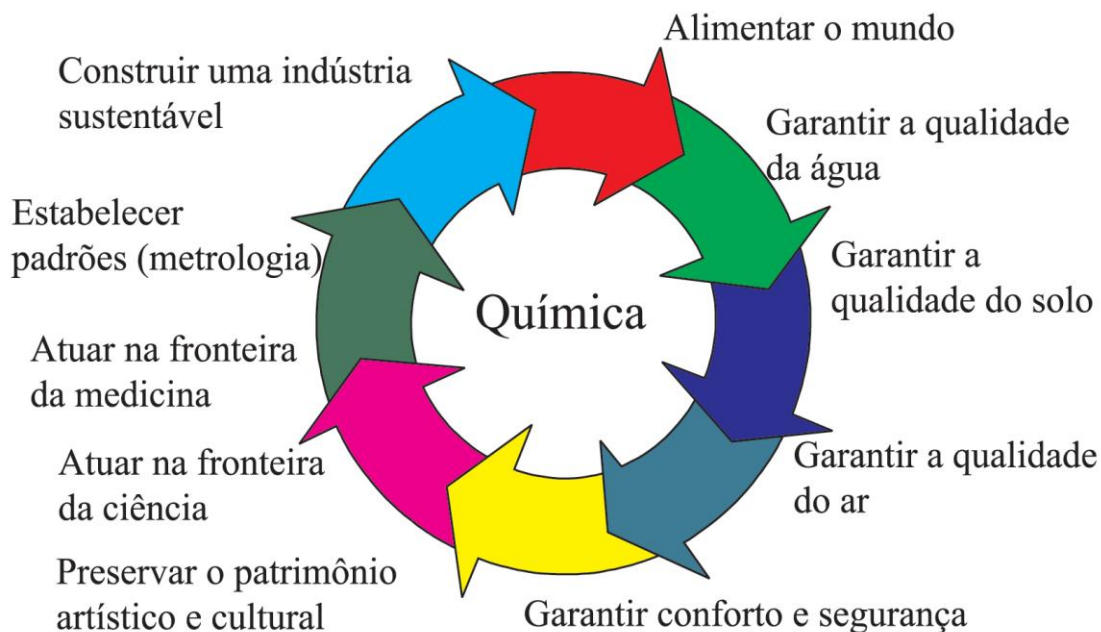
Este texto discute o papel da Química na melhoria da qualidade de vida e conforto da população e estabelece ligações entre o primeiro Caderno Temático dedicado à Química Ambiental, publicado em 2001, e este volume. Os temas abordados são relevantes à compreensão das constantes transformações que ocorrem no planeta, envolvendo um ciclo que abrange os três grandes compartimentos do globo terrestre: atmosfera, hidrosfera e litosfera.

A Química, de forma ampla, pode ser definida como o ramo da ciência dedicado à observação, transformação e construção, pois o trabalho do Químico geralmente inclui a observação e/ou determinação da estrutura ou composição de espécies químicas presentes nos seres vivos, no ambiente e nos materiais, bem como a transformação e construção de novas moléculas.

Tradicionalmente, a Química compreende quatro divisões didáticas: Química Analítica, Química Inorgânica, Química Orgânica e Físico-Química que, atualmente, estão em crescente desuso. Novas subáreas temáticas estão emergindo e representam de forma ampla os principais focos atuais da Química. Por exemplo, a Química dos Materiais, Química Medicinal e Química Ambiental são divisões interdisciplinares, bastante abrangentes, e englobam, majoritariamente, os diversos campos de estudo e os desafios contemporâneos da química.

No Quadro 1 estão representadas algumas das principais missões da Química, que demonstram a importância desta área do conhecimento para a humanidade.

Química a Serviço da Humanidade



A química ambiental é uma das áreas da ciência que mais tem crescido nas últimas décadas. Ela procura entender a composição e o comportamento do solo, da água e do ar, quais as interações complexas entre esses sistemas, como eles são influenciados pelas atividades humanas e quais são as suas consequências.

Os conhecimentos acumulados com esses estudos têm contribuído de forma significativa na prevenção e correção de problemas ambientais, por exemplo, pela produção de plásticos (usados em embalagens e utensílios) que se degradam facilmente no ambiente, a descoberta de produtos usados como propelentes e em sistemas de refrigeração que não danificam a camada de ozônio e a reciclagem de materiais como metais, plásticos, papel e borrachas. Esses novos procedimentos e iniciativas, comumente chamados de “Química Verde”, têm como foco desenhar produtos e processos que reduzam ou eliminem o uso e a produção de substâncias danosas ou perigosas à saúde humana e ao ambiente.

A química da atmosfera tem, também, contribuído bastante para elucidar com detalhes várias questões ambientais, como a depleção da camada de ozônio, o aquecimento global e o “sequestro” de carbono. Na década de 1970 surgiu a primeira pista de que os compostos denominados de CFCs (do inglês chlorine-fluorinecarbon) podiam estar destruindo a camada de ozônio, localizada na estratosfera, e que protege a Terra dos raios solares ultravioleta que, entre outras ações, são cancerígenos.

Entretanto, esses gases são levados à estratosfera superior e, nessa altitude, a intensa luz ultravioleta do sol promove a quebra de ligações liberando os átomos de cloro, que atuam como iniciadores de reações em cadeia.

Embora os Estados Unidos tivessem banido o uso desses compostos desde 1976, o mundo precisou de mais de uma década para abrir os olhos para este problema, quando, em 1985, cientistas descobriram um buraco potencialmente catastrófico na camada de ozônio.

Essas descobertas levaram a Organização das Nações Unidas (ONU) a redigir o Protocolo de Montreal, em 1987, com ajustes e emendas posteriores, adotando medidas preventivas para regulamentar o total das emissões mundiais de substâncias (CFCs e halons) que deterioram a camada de ozônio, em função da evolução dos conhecimentos científicos e tendo em conta considerações técnicas e econômicas. O objetivo era reduzir em 50% a produção e consumo dessas substâncias até 1999, em relação aos níveis calculados de produção e consumo de 1986, com o objetivo final de eliminá-las, o que de fato ocorreu.

A interação de gases como o CO₂ com a terra e a água também é objeto de estudos da química do ambiente. O dióxido de carbono produzido principalmente pela respiração de plantas e animais e queima de combustíveis também é fixado no processo de fotossíntese. Embora a molécula de CO₂ seja aparentemente inofensiva, os níveis crescentes desse e de outros gases em nível de traços na atmosfera têm provocado um aumento global da temperatura, conhecido como efeito estufa. A temperatura da superfície da Terra é governada pelo balanço da luz solar incidente que é refletida de volta ao espaço e a que é retida pela conversão em energia térmica.

Os gases estufa absorvem parte da radiação infravermelha e impedem sua transmissão de volta ao espaço, o que provoca mudanças neste balanço e pode afetar a temperatura global.

Na Conferência da ONU sobre mudanças climáticas, realizada em Quioto, Japão em dezembro de 1997, 39 países desenvolvidos firmaram o compromisso de adotar um protocolo segundo o qual os países industrializados reduziram suas emissões combinadas de gases de efeito estufa (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos, hexafluoreto de enxofre) em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, até o período entre 2008 e 2012. Ficou acordado que cada Parte do Protocolo deveria adotar políticas nacionais e medidas correspondentes para atenuar a mudança do clima, limitando suas emissões antrópicas, protegendo e aumentando os sumidouros e reservatórios desses gases. O Protocolo prevê também a criação de MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo), que consiste na possibilidade de um país industrializado financiar projetos ambientais em países em desenvolvimento, como forma de cumprir parte de sua meta de redução de emissões. O compromisso promete reverter a tendência histórica de crescimento das emissões nesses países, iniciada há 150 anos.

Sem a Química seria impossível manter a qualidade de vida da humanidade com alimentos, segurança ambiental, longevidade e conforto.

2) Fluxos de matéria e energia no reservatório solo: da origem à importância para a vida

Este trabalho apresenta aspectos importantes da litosfera como origem e formação, composição, classificação, propriedades físico-químicas, fertilidade, manejo e degradação decorrentes de ações antrópicas. Traz uma abordagem diferenciada, contextualizando fenômenos ambientais que ocorrem no solo, utilizando conceitos de contínuos fluxos de matéria e energia entre os demais reservatórios – hidrosfera e atmosfera. Apresenta aspectos da ciência do solo, sempre com uma visão global do ponto de vista ambiental.

Há cerca de cinco bilhões de anos, nosso planeta era uma bola de minerais fundidos e incandescentes como a lava dos vulcões. Em seguida, iniciou-se um lento processo de

resfriamento dessa massa incandescente, com formação das primeiras rochas e da atmosfera, sendo esta devida à aglomeração de gases ao redor do planeta. Foi então que, submetida a uma pressão atmosférica 300 vezes maior que a atual, a água conseguiu passar para o estado líquido, acumular-se em determinadas regiões e iniciar o processo cíclico de precipitação, evaporação, formação de nuvens e novas precipitações, as quais ocorrem até hoje.

A atmosfera daquela época possuía composição química diferente da atual. Era muito mais corrosiva em consequência das contínuas erupções vulcânicas, lançando ao espaço enormes quantidades de gás carbônico, enxofre e cloro, os quais se transformaram em ácidos carbônico, sulfúrico e clorídrico, respectivamente. Estes compostos, dissolvendo-se nas águas da chuva, transformavam-na em um líquido extremamente corrosivo (Branco e Cavinatto 1999). Assim, ao mesmo tempo em que as chuvas permitiram o resfriamento das rochas superficiais, as quais se solidificavam, iniciou-se um duplo processo de desgaste e desagregação dessas: a abrasão e o ataque químico.

Estes processos, aliados ao calor escaldante do dia e forte frio à noite, levaram à quebra das rochas em pedaços de diferentes granulometrias tais como pedras, cascalho, areia e argila. Ao longo do tempo, rochas sedimentares formadas no fundo dos oceanos vieram à superfície e o contrário também ocorreu. Sedimentos que já estavam na superfície, inclusive formando solos férteis cobertos de florestas, afundaram, em consequência de movimentos tectônicos, e foram recobertos, posteriormente, por novas rochas sedimentares ou mesmo vulcânicas.

Tal processo originou grandes depósitos de plantas e microrganismos fossilizados. Estes fósseis vieram a constituir as jazidas de carvão e de petróleo, hoje utilizadas como combustíveis ou fontes de energia. Além desses materiais, retiram-se do subsolo inúmeros minerais, que constituem matéria-prima para a indústria, tais como ferro, enxofre e manganês.

Como consequência, surgiram, também, os primeiros animais terrestres criando, com os vegetais e o solo, estruturas e sistemas cíclicos cada vez mais complexos, os quais constituem a natureza terrestre atual.

Desta forma, o solo é considerado resultado das interações entre os compartimentos litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera.

Os principais processos que levaram à sua formação são apresentados na Figura 1.

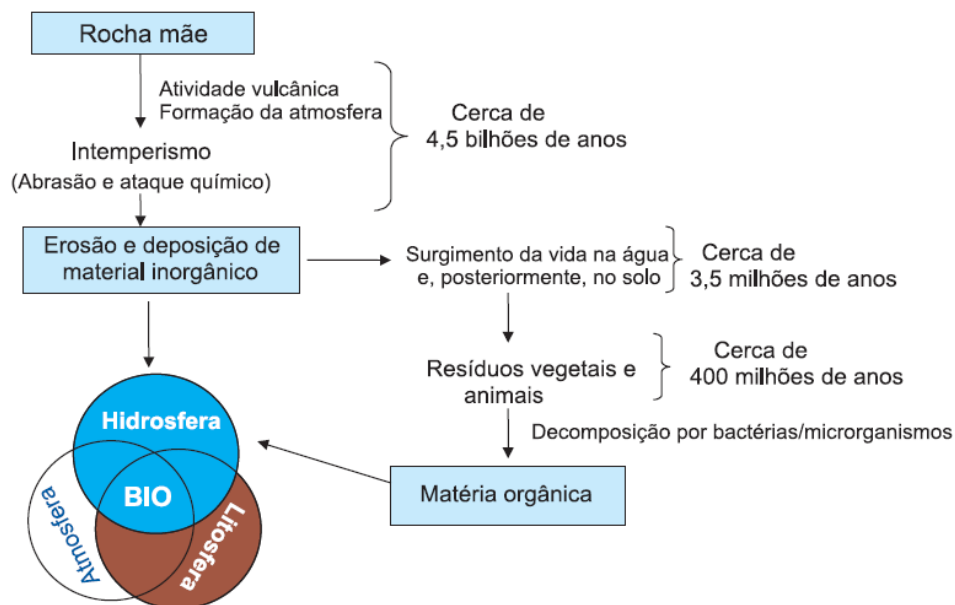


Figura 1: Processo de formação do solo.

Composição dos solos

Os solos possuem três fases – sólida, líquida e gasosa – cujas proporções relativas variam de solo para solo e, num mesmo solo, com as condições climáticas, a presença de plantas e manejo.

Em geral, na composição volumétrica porcentual de um solo, que apresenta condições ótimas para o crescimento de plantas, verificam-se 50% de fase sólida (45% de origem mineral e 5% orgânica), 25% de fase líquida e 25% de fase gasosa. Os quatro componentes (mineral, orgânico, líquido e gasoso) estão intimamente misturados, permitindo a ocorrência de reações e constituindo um ambiente adequado para a vida vegetal

Fase sólida

A fração mineral da fase sólida é resultante da desagregação física das rochas. Portanto, possui dimensões bem menores, porém com composição química idêntica à da rocha-mãe da qual se originou.

A fração orgânica é constituída pela porção do solo formada de substâncias provenientes de plantas e animais mortos, bem como produtos intermediários da degradação biológica feita por bactérias e fungos. O material orgânico de fácil decomposição é transformado em gás carbônico, água e sais minerais.

Fase líquida

Representa a chamada solução do solo: “uma solução de eletrólitos quase em equilíbrio, que ocorre no solo em condições de não saturação de umidade”. E isto é assim porque a água do solo contém numerosos materiais orgânicos e inorgânicos, que foram dissolvidos da fase sólida.

As principais características do conceito de solução do solo são:

- a) constitui uma parte maior do fator de intensidade no fornecimento de nutrientes para as plantas;
- b) é o meio para a maioria dos processos químicos e biológicos que ocorrem no solo;
- c) é o principal meio para o movimento de materiais no solo.

Sempre que chove, ou quando se pratica a irrigação, as águas se infiltram, preenchendo os espaços existentes entre as partículas de solo.

A quantidade de água absorvida depende da permeabilidade do solo, pois quando esta é pequena, a maior parte da água escorre pela superfície em direção aos vales e rios, carregando consigo grandes quantidades de sedimentos e elementos nutritivos. Este fenômeno natural é chamado de erosão e está ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Foto ilustrativa do processo de erosão em solos

A Tabela 1 resume dados compilados sobre a composição da solução do solo. Vê-se que

todos os macronutrientes, exceto o fósforo, geralmente estão presentes em concentrações da ordem de 10^{-3} a 10^{-4} mol L⁻¹. Em geral, o fósforo tem menor concentração, de 10^{-5} a 10^{-6} mol L⁻¹. Todos esses elementos químicos existem em quantidades limitadas no solo. Nos ambientes naturais, tais elementos são continuamente reciclados.

Isto é, à medida que são absorvidos pelas raízes, são novamente depositados na superfície por meio da queda contínua de folhas, frutos, ramos e outras partes vegetais. Ou, participam de um ciclo biogeoquímico maior, transferindo-se para outros compartimentos como a hidrosfera e/ou a atmosfera.

Tabela 1: Concentração típica da solução do solo*.

Elementos	Solos em geral / 10^{-3} mol L ⁻¹	Solos ácidos / 10^{-3} mol L ⁻¹
Nitrogênio (N)	0,16 - 55	12,1
Fósforo (P)	0,001 - 1	0,007
Potássio (K)	0,2 - 10	0,7
Magnésio (Mg)	0,7 - 100	1,9
Cálcio (Ca)	0,5 - 38	3,4
Enxofre (S)	0,1 - 150	0,5
Cloro (Cl)	0,2 - 230	1,1
Sódio (Na)	0,4 - 150	1,0

Fonte: (MALAVOLTA, 1976).

*Nota: os elementos encontram-se no solo como componentes de substâncias, ou espécies químicas, tais como nitratos, fosfatos, íons Mg⁺², íons Ca²⁺ etc.

Fase gasosa

Outra caracterização da dinâmica de fluxos entre os compartimentos (litosfera, atmosfera e hidrosfera) é a constatação de que a fase gasosa do solo apresenta, qualitativamente, os mesmos componentes principais presentes no ar atmosférico. Entretanto, do ponto de vista quantitativo, pode haver grandes diferenças, conforme se verifica na Tabela 2. Ou seja, devido à respiração das raízes e dos microrganismos e à decomposição da matéria orgânica e de reações ocorridas no solo, há consumo de O₂ e liberação de CO₂ com constantes alterações nos fluxos entre os compartimentos e, conseqüentemente, a composição do ar do solo não é fixa.

O ar circulante no interior do solo é a fonte de oxigênio para a respiração das células das raízes, bem como dos microrganismos e pequenos animais produtores de húmus.

De modo geral, os sintomas de falta de oxigênio (amarelecimento das folhas, por exemplo) aparecem quando a concentração de O₂ nos espaços porosos está muito abaixo de 15%.

Tabela 2: Composição média dos principais componentes presentes no ar atmosférico e no ar do solo.

Ar	Componentes / (%)		
	O ₂	CO ₂	N ₂
Atmosférico	21	0,03	72
No solo	19	0,9	79

Fonte: Malavolta (1976)

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A Tabela 3 mostra as diferentes características dos principais tipos de solos encontrados no Estado de São Paulo.

Os *latossolos* foram formados sob ação de lavagens alcalinas, em regiões quentes e úmidas florestadas. Isto determinou a perda de parte de sílica (eluviação) do material original, permanecendo os óxidos de ferro e de alumínio.

A argila silicatada presente é a caolinita.

Litossolos são solos jovens, pouco desenvolvidos e de pequena espessura, assentados diretamente sobre as rochas consolidadas ou, às vezes, aflorando a superfície.

Os *regossolos* caracterizam-se por serem solos profundos, porém em início de formação arenosa e, portanto, com drenagem excessiva. Apresentam camada superficial mais escurecida, devido à presença de matéria orgânica.

Solos formados sob excesso de água, em condições de aeração deficiente, são denominados *hidromórficos*.

Estes solos de coloração acinzentada são geralmente ácidos, pobres em cálcio e magnésio e possuem acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais.

Solos *podzólicos* e *podzolizados* são formados por processo de lavagens ácidas sobre material de origem arenosa, em regiões úmidas e florestadas.

Como consequência das lavagens, as argilas são arrastadas para o interior do solo, ficando as camadas superficiais mais arenosas como, ilustrado na Figura 3.

Tabela 3: Limites de variação dos constituintes de alguns solos do Estado de São Paulo*.

Solos	pH	C (%)	N (%)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺
					equiv. mg trocável / 100 g de terra			
Latossolos	4,00-6,10	0,42-4,08	0,03-0,38	0,04-0,77	0,17- 6,25	0,10-2,42	2,58-9,49	0,25-3,40
Podzólicos	4,10-7,60	0,28-2,51	0,03-0,21	0,03-0,50	0,63-22,19	0,11-2,46	1,05-5,16	0,00-4,89
Hidromórficos	3,80-5,60	0,82-3,31	0,06-0,29	0,04-0,07	0,76- 1,16	0,60-0,77	4,61-6,23	2,08-3,40
Litossolos	4,30-5,10	1,15-3,12	0,18-0,41	0,20-0,78	0,79-27,17	1,18-8,42	0,00-6,27	0,00-7,06
Regossolos	4,50-5,30	0,33-0,93	0,03-0,07	0,02-0,06	0,14-1,56	0,02-0,44	1,25-1,42	0,54-1,86

*Adaptada de Malavolta (1976)



Figura 3: Características de perfil de solos podzólicos da bacia do Rio Negro-AM. Foto feita durante coleta de amostras de solo. (Projeto FAPESP 00/13517-1)

Perfil do solo

O solo não é formado apenas pela camada superficial de alguns centímetros a qual o agricultor cultiva, mas também por outras camadas abaixo dessa. Em geral, as características do solo variam com a profundidade por causa da maneira pela qual ele se formou ou depositou, devido às diferenças de temperatura, teor de água, concentração de gases (particularmente CO₂ e O₂) e movimento descendente de solutos e de partículas. Ou seja, os fluxos de material formam diferentes camadas (denominadas horizontes), que podem ser identificadas a partir do exame de uma secção vertical do solo, que é chamada perfil do solo (Figura4). Os horizontes diferenciam-se pela espessura, cor, distribuição e pelos arranjos das partículas sólidas e poros, distribuição de raízes e outras características, que resultam da interação de fatores influenciadores na formação do solo. A caracterização mais detalhada dos horizontes permite identificar, classificar e planejar o uso mais adequado do solo.

a) *Horizonte O* – horizonte orgânico com matéria orgânica fresca ou em decomposição. Em condições de má drenagem esse horizonte é denominado H.

b) *Horizonte A* – resultante do acúmulo de material orgânico misturado com material mineral. Geralmente apresenta coloração mais escura, devido ao material orgânico humificado. Em solos onde há eluviação (perda de parte da argila) muito intensa, forma-se uma camada de cores claras com menor concentração de argila abaixo do horizonte A. Essa camada caracteriza o horizonte denominado E.

c) *Horizonte B* – caracterizado pelo acúmulo de argila, ferro, alumínio e pouca matéria orgânica. É denominado de horizonte de acúmulo ou iluvial. O conjunto os horizontes A e B caracteriza a parte do solo que sofre influência das plantas e dos animais.

d) *Horizonte C* – camada de material não consolidado, com pouca influência de organismos, geralmente apresentando composição química, física e mineralógica similar à do material onde se desenvolve o solo.

e) *Rocha R* – rocha inalterada, que poderá ser, ou não, a rocha matriz a partir da qual o solo se desenvolveu.

Características das camadas no perfil do solo

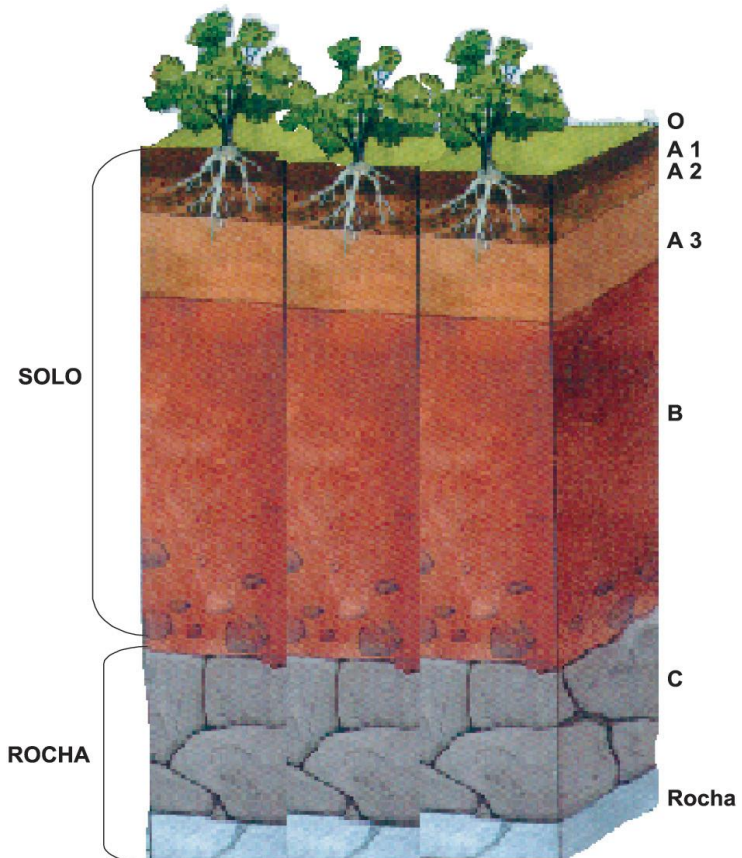
(O) Horizonte orgânico com matéria orgânica recente e/ou em decomposição.

(A1, A2 e A3) Camadas onde estão se decompondo galhos, frutos, folhas, sementes, além de fezes, urina, ossos e restos de animais. Todo esse material em decomposição libera minerais, os quais são absorvidos pelas raízes ou levados pela água para a camada inferior.

(B) Camada rica em argila, carbonatos e outros materiais trazidos pela água das camadas superiores.

(C) Pedras e cascalho que fazem parte da rocha localizada abaixo do solo, ou que foram trazidos por algum rio de tempos passados.

Rocha: Dela provêm os sedimentos do solo acima.



Propriedades físico-químicas dos solos

As propriedades físico-químicas dos solos são devidas principalmente à elevada superfície específica e à alta reatividade apresentada pelos componentes da fração argila. Esta, geralmente é constituída por minerais secundários, óxidos de ferro e alumínio cristalinos ou amorfos e matéria orgânica.

Têm tamanhos iguais ou inferiores a 4 μm , caráter coloidal e carga líquida negativa saturada por cátions diversos.

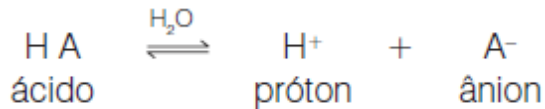
De modo geral, estas características são devidas a certas propriedades estruturais da fase dispersa, como tamanho, forma e área superficial das partículas. Portanto, devido aos diferentes mecanismos de formação admite-se que a carga total negativa dos solos seja constituída por dois componentes. Um constante, chamado de "carga permanente" e outro variável denominado de "dependente de pH". O silte (partículas de diâmetro de 62,0-4,0 μm) e a areia (partículas de diâmetro de 200-62 μm), são menos eficientes nos processos químicos, pois são constituídos de partículas mais grosseiras de minerais primários e quartzos.

Capacidade de troca catiônica (CTC) de solos

É definida como a quantidade de cátions, que são adsorvidos reversivelmente por unidade de massa de material seco e expressa a capacidade do solo de trocar cátions. A quantidade de cátions é dada pelo número de cargas positivas (centimol ou milimol) e a massa de solo seco, geralmente 100 g ou 1 kg. Os valores encontrados para minerais argilosos variam de 1 – 150 centimol kg^{-1} , enquanto a CTC para a matéria orgânica pode atingir 400 centimol kg^{-1} , devido ao grande número de grupos oxigenados, particularmente carboxílicos ($-\text{COOH}$), os quais podem se ligar e trocar cátions

Acidez do solo

De acordo com o conceito de Bronsted e Lowry, ácida é uma substância que tende a ceder prótons (íons hidrogênicos, H⁺) a uma outra. Base é qualquer substância que tende a aceitar prótons. Quando em solução aquosa, o ácido se ioniza gerando H⁺ e o ânion correspondente:



Diz-se que os H⁺ produzidos (segundo membro da equação) correspondem à acidez ativa, e o HA no primeiro membro indica a acidez potencial.

Quanto mais a reação tende para a direita, maior a atividade em H⁺ e mais forte é o ácido. Em meio aquoso, o H⁺ está sempre hidratado e, por isso, predomina como hidrônio, H₃O⁺ (H₂O + H⁺ → H₃O⁺). É, entretanto, muito mais comum, embora menos rigoroso, falar-se em H⁺ que em H₃O⁺.

No caso de ácidos fortes a acidez ativa aproxima-se da potencial. Porém, em se tratando de ácidos fracos, a acidez ativa é menor que a potencial.

Admite-se hoje que a acidez do solo é constituída de duas frações:

a) fração trocável – corresponde principalmente aos íons alumínio adsorvidos nos complexos de troca e

b) fração titulável – corresponde principalmente a H⁺ que se encontra ligado covalentemente a compostos da matéria orgânica (grupos carboxílicos e fenólicos) e, possivelmente ao alumínio ligado aos complexos argila-matéria orgânica.

Como a fração titulável é devida aos íons Al³⁺ e H₃O⁺ fortemente retidos aos minerais da argila e matéria orgânica, evidenciando-se somente por extração em pH mais elevado, pode-se aceitar que, nas condições normais dos solos, os íons alumínio são os principais responsáveis pela acidez

Fertilidade do solo

O conceito de fertilidade do solo também está intimamente relacionado com os vários fluxos de matéria e energia no ambiente. São várias as reações químicas que ocorrem entre as substâncias presentes no solo e na água, bem como as trocas de substâncias entre os seres vivos, as raízes, as partes aéreas das plantas e as partículas minerais de solo. Destes processos resulta a formação de componentes secundários responsáveis por um estado de equilíbrio, seja em nível físico-químico (como por exemplo, a estabilidade do pH, ou equilíbrio ácido/base), químico ou biológico.

A água da chuva (H₂O), indispensável a qualquer processo biológico, é também fornecedora de hidrogênio. O carbono e o oxigênio são retirados do ar, o primeiro, no processo de fotossíntese e o segundo, no processo de respiração. Finalmente, o nitrogênio também é absorvido do ar por algumas bactérias fixadoras localizadas nas raízes e, posteriormente, é disponibilizado para as plantas.

Para o crescimento da planta, com exceção desses quatro elementos principais, todos os demais (macro e micronutrientes) devem encontrar-se no solo. Portanto, os vegetais conseguem desenvolver-se em cada ambiente à medida que encontram no solo os elementos que lhe são indispensáveis.

Interações solo-planta

Durante seu desenvolvimento a partir de uma semente, a planta estende suas raízes para o interior do solo formando um aglomerado de minúsculos filamentos, distribuídos em várias direções, constituindo a rizosfera. A raiz tem formas tortuosas, adquiridas durante seu

crescimento, à medida que vai penetrando no solo e desviando-se dos grãos e das partículas de terra, buscando encontrar água, oxigênio e nutrientes.

Também, para absorver o máximo de minerais do solo, as raízes produzem substâncias que ajudam a solubilizar os minerais, modificando-os quimicamente e causando alterações de natureza química no solo.

Produtividade do solo e lei do mínimo

A produção de vegetais por área de solo é denominada produtividade.

Num sentido ecológico, a produtividade de uma área refere-se à produção total de matéria vegetal (produção primária), seguida da produção de animais herbívoros (produção secundária) e da produção de animais predadores (produção terciária).

Na primeira metade do século XIX, o químico alemão Justus von Liebig (1803 – 1873) propôs a Lei do mínimo ou Lei de Liebig. Verificou que o elemento essencial que se encontra em menor disponibilidade no ambiente limita o crescimento do vegetal. Alguns aspectos importantes da Lei proposta por Liebig são (Branco e Cavinatto, 1999):

- 1) a limitação do crescimento do vegetal dá-se por falta, e não por excesso, de um elemento componente do ambiente;
- 2) o fator em mínimo é o elemento que se encontra em quantidades mínimas em relação às necessidades da planta;
- 3) os microelementos ou micronutrientes, os quais entram na composição das plantas em quantidades mínimas, também podem controlar seu crescimento e
- 4) atualmente, sabe-se que a lei de Liebig não está associada apenas às substâncias químicas dissolvidas no solo, mas também aos ciclos biogeoquímicos, aos componentes químicos do ar (p.e. gás carbônico) e aos fatores físicos, como luz, temperatura, umidade, etc...

Manejo do solo e atividades antrópicas

No decorrer dos anos a população aumentou significativamente. No início, poucos homens viviam sobre a terra e eles andavam pelas savanas em pequenos grupos, como pastores e/ou caçadores. Posteriormente, o homem aprendeu a utilizar o ambiente para obter benefícios e conforto. Entre os fatores mais importantes para o desenvolvimento humano estão o aprendizado para domar e criar animais, e plantar para seu benefício.

Assim, o homem passou de caçador nômade a sedentário, pois havia necessidade de esperar pelas colheitas (Rocha *et al.*, 1996).

O cultivo do solo iniciou-se há cerca de dez mil anos com os Sumérios, na Mesopotâmia, às margens dos rios Tigre e Eufrates (atualmente onde se localiza o Iraque). Depois, há cerca de oito mil anos iniciaram-se as plantações no vale do Rio Nilo, no Egito (Rodrigues, 2001). Ou seja, o ser humano percebeu que a agricultura nas margens férteis dos rios alcançava padrões de produtividade suficientes para sustentar população mais numerosa (Magnoli e Araújo, 1996). Essa fertilidade nos vales era devida aos constantes ciclos de cheias e vazantes dos rios, que trocavam matéria orgânica e nutrientes com o solo. O ser humano primitivo também observou que as terras escuras, constituídas de um material gelatinoso e macio unindo as partículas (o húmus), associava partículas com maior diâmetro, tornando o solo mais poroso e permeável.

Com o tempo, verificou-se que a intervenção humana na constituição e estrutura física do solo podia aumentar a produtividade. A este processo, atualmente, dá-se o nome de manejo do solo.

Aração/revolvimento do solo

Há tempos remotos os processos de aração e revolvimento profundo de solos duros e/ou congelados de climas temperados ou frios são utilizados para desagregar particulados, permitindo penetração de água (nutrientes) e ar necessários para o desenvolvimento da planta.

Com o revolvimento, os microrganismos tão importantes nos processos de troca entre solo, água e atmosfera ficam mais expostos na superfície e os efeitos da intensidade de luz e do forte calor podem diminuir suas atividades.

Uma vez revolvido, o solo também fica sujeito ao arraste maior de nutrientes por águas de chuvas (causa infertilidade) e, dependendo das condições do terreno, o perigo de erosão é iminente. Além disso, sabe-se atualmente que o revolvimento pode facilitar a transferência do carbono retido no solo para a atmosfera, na forma de dióxido de carbono (CO₂).

Adubação

Em 1840, o químico alemão Justus von Liebig observou a relação entre o crescimento de plantas e a utilização de fezes de animais como adubo.

Desde então, para atender à demanda cada vez maior por alimentação, a adubação tem sido utilizada no manejo de solos.

Ela tem não só a finalidade de modificar quimicamente a composição do solo de maneira a fornecer à planta os elementos necessários, mas também a de condicioná-lo fisicamente. Entretanto, a adubação sem acompanhamento técnico agrícola, planejamento de culturas de acordo com a topografia do terreno e conhecimento prévio do tipo de solo tem causado vários impactos ambientais e prejuízos financeiros ao agricultor. Além de salinizar o solo, a aplicação de fertilizantes pode causar a eutrofização de mananciais devido à lixiviação de fertilizantes aplicados em solos revolvidos, ocorrida principalmente em época de chuvas.

Qual a importância do manejo do solo para o sequestro de carbono?

O aumento da concentração de gases como CO₂, CH₄ e N₂O na atmosfera tem sido relacionado ao efeito estufa. A queima de combustíveis fósseis é a principal causa desse aumento, especialmente pela emissão de CO₂. A agricultura contribui para a emissão ou o sequestro destes gases, dependendo do efeito do manejo sobre o conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS).

Quando o balanço entre a taxa de adição de resíduos vegetais ao solo (determinada pelo sistema de cultura) e a taxa de perda de MOS (determinada principalmente pelo manejo do solo) for positivo, ocorrerá aumento da MOS. Neste caso, o solo atuará como um dreno de CO₂ atmosférico diminuindo o efeito estufa.

Ao contrário, se o balanço for negativo, ocorrerá redução da MOS e o solo contribuirá para o aumento do efeito estufa.

Assim, práticas de manejo que acumulem MOS poderão contribuir para aumentar a qualidade do solo e, também, para o sequestro de CO₂ atmosférico (Pilon *et al.*, 2001).



Figura 5: Exemplo de adubação verde. A biomassa resultante das leguminosas é deixada na superfície do solo para decomposição natural da matéria orgânica (Elo informativo, 2002).

Irrigação

Considerando-se que a quantidade de água na terra é constante e que a população tem aumentado em proporções assustadoras, a água já é considerada como um bem natural de valor incalculável. Neste aspecto, do ponto de vista ambiental, outra questão importante em relação ao manejo do solo refere-se à irrigação

Hoje sabe-se que isto é devido às características da água em atuar no transporte, dissolução e disponibilidade de nutrientes para as plantas. Em solos com escassez de água como, por exemplo, no Nordeste brasileiro e alguns países árabes, tem sido utilizada a irrigação mecânica, que consiste em captar água de mananciais, utilizando bombas, e distribuí-la nas lavouras. Sem acompanhamento técnico-científico, este tipo de manejo tem causado grandes prejuízos aos mananciais, devido à sucção de excessivas quantidades de água. Com o volume bombeado não compatível com a vazão do manancial, toda vida aquática fica comprometida, devido à falta d'água e conseqüente assoreamento. Outro tipo é a ferti-irrigação, que consiste no aproveitamento de efluentes de esgotos urbanos tratados como fonte de água e de húmus para a agricultura.

Neste caso, embora a reutilização de água tenha sido amplamente recomendada como forma de atender às demandas cada vez maiores, é necessário ter um monitoramento constante da presença de espécies metálicas potencialmente tóxicas e de microrganismos patogênicos nesses efluentes.

Pesticidas/herbicidas

Devido ao grande crescimento populacional, para atender à demanda alimentícia tem sido necessário utilizar pesticidas/herbicidas na agricultura. Atualmente, é difícil imaginar a produção de alimentos sem o uso de pesticidas, pois estes produtos melhoram a produtividade agrícola podendo, às vezes, diminuir os preços dos alimentos e da mão de obra. Denominam-se pesticidas todas as substâncias de origem natural ou sintética utilizadas no controle e/ou eliminação/ diminuição de pragas (insetos, ervas daninhas etc.), que causam prejuízos na produção de alimentos, ou transmitem enfermidades aos seres humanos e a outros organismos.

Os herbicidas são substâncias químicas empregadas para controlar ou matar plantas daninhas, as quais se desenvolvem juntamente com as culturas.

Quando sintetizados pelo ser humano, os pesticidas/herbicidas são considerados substâncias estranhas ao ambiente e podem ser chamadas também de *xenobióticas*.

Após a aplicação e atuação nas culturas, o pesticida pode permanecer no solo por muito tempo, mantendo ou não seu efeito biológico. Assim, é importante conhecer seu comportamento no solo para prever se o pesticida vai causar algum dano a esse meio e aos demais reservatórios que co-existem (hidrosfera e atmosfera).

O comportamento do herbicida depende das propriedades físico-químicas e biológicas do solo, bem como de fatores climáticos. Os três processos básicos que podem ocorrer com os pesticidas no solo são retenção, transformação e transporte. A Figura 6 mostra alguns fatores envolvidos no comportamento de herbicidas no solo (Lavorenti, 1999). Após a aplicação e atuação nas culturas, o pesticida pode permanecer no solo por muito tempo, mantendo ou não seu efeito biológico. Assim, é importante conhecer seu comportamento no solo para prever se o pesticida vai causar algum dano a esse meio e aos demais reservatórios que coexistem (hidrosfera e atmosfera).

O comportamento do herbicida depende das propriedades físico-químicas e biológicas do solo, bem como de fatores climáticos. Os três processos básicos que podem ocorrer com os pesticidas no solo são retenção, transformação e transporte. A Figura 6 mostra alguns fatores envolvidos no comportamento de herbicidas no solo (Lavorenti, 1999).

O processo de *retenção* tende a "segurar" a molécula de herbicida, impedindo-a de se mover. Pode ser reversível ou irreversível e afetar os processos de transformação e transporte do herbicida no ambiente.

A *transformação* refere-se a mudanças na estrutura química das moléculas do herbicida e determina se e por quanto tempo tais moléculas podem permanecer intactas no ambiente (Lavorenti, 1999).

O processo de *transporte*, determinado pelo movimento das moléculas do herbicida no solo, é fortemente influenciado pela umidade, temperatura, densidade, características físico-químicas do solo e do herbicida.

No caso de pesticidas, às vezes, apenas uma pequena porcentagem da quantidade aplicada atinge o objetivo desejado.

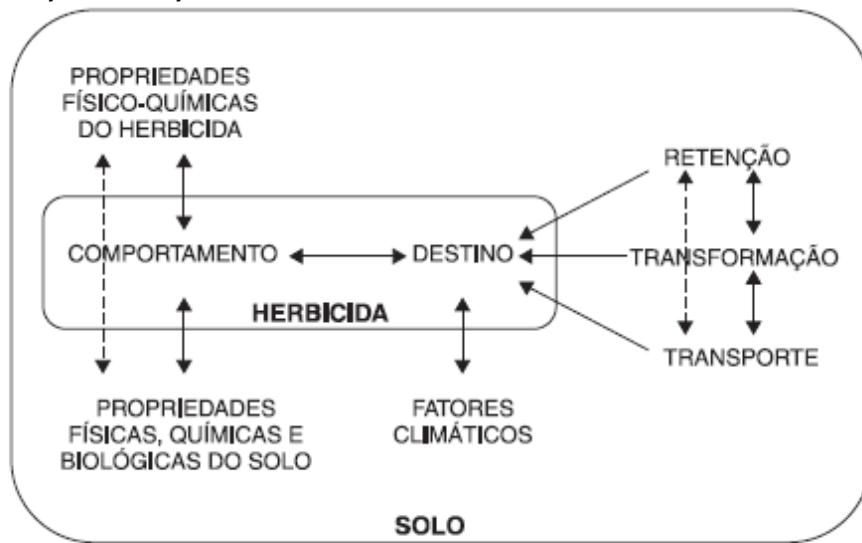


Figura 6: Esquema genérico da interação entre herbicida e solo (Fonte: Lavorenti, 1999).

Ocupação e mineração

O ideal seria que o solo fosse também ocupado com planejamento urbano adequado. Infelizmente, por falta de planificação, muitas metrópoles estão hoje edificadas em áreas de difícil escoamento pluvial, onde ocorre completa impermeabilização dos solos (cobertura com asfalto e cimento), provocando enchentes nos rios e frequentes inundações de cidades (Figura 7).

Os problemas antrópicos causados ao solo devido às atividades de mineração também são frequentes

(Figura8). A exploração de minérios deve sempre ter como base fundamental o preceito do uso sustentável, ou seja, considerar também o bem-estar das gerações futuras. Para tal, deve-se utilizar técnicas menos destrutivas e recuperar as áreas degradadas pelos impactos inerentes causados pelas atividades mineradoras. A vegetação atua como um importante fator de proteção aos solos, permitindo a maior infiltração das águas e evitando o arraste da camada superficial e mais fértil do solo para os mananciais.

Se o desmatamento ocorrer em áreas de recargas de aquíferos e/ou em matas ciliares, as consequências serão danosas e os efeitos dos impactos ambientais serão sentidos rapidamente, resultando no rebaixamento do nível do lençol freático e assoreamento dos mananciais.



Figura 7: Enchente ocorrida em Santo André/SP. (Registrada pelos repórteres J. B. Ferreira e K. Tamanaha, Janeiro de 1997.)

(<http://www.semasa.com.br/scripts/display.asp?idmenu=113&idnot=305>)



Figura 8: Atividade Mineradora. (Sistema de gestão ambiental da mineração Serra do Sossego, Paraúpeba, Pará <http://www.ksnet.com.br/paginas/servicos/mineracao1.htm>)

É possível recuperar um solo contaminado?

Existem algumas tecnologias que permitem a recuperação ou remediação (do inglês, *emediation*) de solos contaminados e/ou degradados. Estas baseiam-se nas propriedades químicas de substâncias e/ou processos físicos que são utilizados para retenção, mobilização ou destruição de um determinado contaminante presente no solo (Moeri e Salvador, 2003; Baird, 1999). Podem ser aplicadas *in situ*, isto é, no lugar da contaminação ou *ex situ*, ou seja, primeiramente removendo a matéria contaminada para outro local.

Biorremediação é a utilização de organismos vivos, especialmente microrganismos, para degradar poluentes ambientais. Para que uma técnica de biorremediação funcione efetivamente, os resíduos deverão ser e estar susceptíveis à degradação biológica. Além disso, as condições ambientais, tais como pH, temperatura e nível de oxigênio devem ser adequadas para a atuação dos microrganismos. Recentemente, a *fitorremediação*, isto é, o uso de vegetação para a descontaminação *in situ* de solos e sedimentos, eliminando metais e poluentes orgânicos, tem se tornado uma tecnologia emergente (Baird, 1999).



Figura 9: Exemplo de remediação de solo *ex situ*, em que o solo contaminado é transferido para outro local, onde será feito o tratamento (Fonte: Silvestre e Marchi, 2003).

Aspectos relevantes da biogeoquímica da hidrosfera

Este artigo apresenta uma visão geral da química da hidrosfera, considerando aspectos da biologia, física e geologia. Os oceanos são abordados como ponto de partida na discussão sobre a transferência de matéria e energia em distintos ecossistemas, sendo destacado seu papel vital como regulador climático e mantenedor da vida na Terra.

O planeta Terra é, na verdade, uma enorme esfera com 2/3 de sua superfície coberta de água, flutuando como uma grande bola azul no espaço. A hidrosfera (nome dado ao reservatório que agrega todos os tipos de água existentes no planeta), contém aproximadamente $1,4 \times 10^9$ km³ de água, sendo os oceanos o mais velho (3,8 bilhões de anos de existência) e o maior (97,3%) dos reservatórios, conforme mostrado na Tabela 1.

A ciclagem da água entre os reservatórios (ciclo hidrológico) é um processo conhecido, muito dinâmico, movido basicamente pela energia solar, e que movimenta cerca de 1 km³ de água por ano apenas entre a hidrosfera e a atmosfera, fazendo com que o tempo de residência da água na atmosfera seja pequeno, tipicamente de 10 dias (veja o quadro sobre tempo de residência).

Embora para os seres humanos a água doce tenha uma importância imediata na manutenção da vida, os oceanos têm um papel vital na manutenção da vida no planeta Terra como um todo, apesar de se saber sobre a superfície da Lua ou de Marte do que sobre o fundo dos oceanos.

Um dos desafios atuais da comunidade científica é prever como um possível aquecimento global poderia influenciar a circulação oceânica e, conseqüentemente, o balanço da transferência de calor na Terra. Outros estudos vêm avaliando como as emissões de partículas de aerossóis e de gases pelos oceanos podem influenciar a composição química da atmosfera e até mesmo o clima global.

Tabela 1: Inventário dos estoques de água nos vários reservatórios do planeta Terra

Reservatório	Volume/(10 ⁶ km ³)	Porcentagem
Oceanos	1320	97,24
Geleiras	29,2	2,14
Águas subterrâneas	8,3	0,61
Lagos	0,125	0,01
Mares	0,104	0,008
Solos	0,067	0,005
Atmosfera	0,013	0,001
Rios	0,0012	0,0001
TOTAL	1358	100

Adaptado de Grassi (2001)

Propriedades da água e suas implicações

As fortes interações dipolo-dipolo entre as moléculas de água formam as chamadas ligações de hidrogênio, que conferem à água características físicas muito peculiares. Estas ligações de hidrogênio são responsáveis por conferir à água líquida o elevado calor específico (ou capacidade calorífica específica) de 1,0 cal g⁻¹ oC⁻¹. Isto significa que é necessário fornecer uma grande quantidade de energia na forma de calor (1 cal) para poder elevar a temperatura de 1 g de água líquida em 1 oC. A energia que seria consumida para aumentar a movimentação das moléculas é inicialmente absorvida para quebrar as ligações de hidrogênio e, portanto, a água absorve energia sem aumentar sua temperatura drasticamente (Open University, 1995a). Este elevado calor específico da água reflete diretamente no clima e na vida do nosso planeta. Primeiramente, o alto calor específico previne variações rápidas de temperatura da água, que podemos observar quando vamos à praia.

O elevado calor específico da água faz com que apenas 2,5 m de coluna d'água do oceano seja equivalente à toda capacidade calorífica da atmosfera que está sobre o oceano (Libes, 1992). Em outras palavras, o oceano retém cerca de 1100 vezes mais calor que a atmosfera. Durante o verão, o calor é estocado nos oceanos e, durante o inverno, parte desse calor é transferido de volta para a atmosfera amenizando, assim, a temperatura do

ar.

Se não fossem os oceanos, nosso planeta teria dias muito quentes e noites muito frias.

Outras propriedades físicas da água, importantes para entendermos a importância do oceano no clima global são: calor latente de fusão e vaporização.

Calor latente de fusão é a quantidade de calor necessária para transformar 1 g de uma substância do estado sólido para o estado líquido (ou vice-versa).

De forma análoga, o calor latente de vaporização refere-se à transição entre o estado líquido e gasoso. O elevado calor latente de fusão da água (80 cal), provoca um efeito termostático no ponto de congelamento, pois uma grande quantidade de energia precisa ser emitida ou absorvida para que haja mudança de estado, evitando a rápida formação de gelo na coluna d'água. A presença de sais na água do mar (cerca de 35 g kg⁻¹) diminui seu ponto de congelamento para -1,9 °C e, por isto, a água do mar nunca atinge temperaturas inferiores a este valor (Libes, 1992).

Quando moléculas de água passam do estado líquido para o gasoso, estas “carregam” grandes quantidades de energia, devido ao elevado calor latente de vaporização (540 cal g⁻¹).

Portanto, quando há transferência de água do oceano para a atmosfera há, também, transferência de calor. Uma vez na atmosfera, o vapor d'água é transportado para outras regiões do planeta e, quando este se condensa na forma de chuva, ocorre a liberação desse calor latente. A mesma quantidade de energia absorvida no processo de vaporização é liberada para a atmosfera. Isto significa que o calor é transportado de uma região do planeta para outra na forma de calor latente de vaporização, o que é muito importante para a distribuição de calor e estabilização do sistema climático global.

Um outro ponto importante refere-se à composição química da água presente na hidrosfera. Alguns destes íons, como o cloreto (abundante em águas de alta salinidade), são chamados de conservativos, pois sendo muito pouco reativos, suas concentrações dependem apenas dos processos de mistura. Outros, como o íon bicarbonato e o íon H⁺ são não conservativos, pois podem ser consumidos ou gerados no corpo aquático, e suas concentrações variam independentemente dos processos de mistura. As águas salgadas têm altas concentrações de íons quando comparadas àquelas encontradas tipicamente em águas doces (Tabela 2). Além disso, as águas salgadas têm uma composição química muito mais homogênea em todo o planeta do que as águas subterrâneas, de rios e lagos. Frente a esta distinta composição, é de se esperar que as regiões estuarinas, ou seja, no encontro das águas interiores (doce) com o oceano (água salgada) sejam caracterizadas por uma dinâmica complexa sob o aspecto químico.

Tabela 2: Concentração dos íons majoritários em água salgada e água doce (mmol L⁻¹)

Íon	Água doce	Água salgada
Na ⁺	0,23	470
Mg ²⁺	0,14	53
K ⁺	0,03	10
Ca ²⁺	0,33	10
HCO ₃ ⁻	0,85	2
SO ₄ ²⁻	0,09	28
Cl ⁻	0,16	550
Si	0,16	0,1

Adaptado de Andrews *et al.*, 1996.

Estima-se que o volume de água que os rios lançam nos oceanos a cada ano seja da ordem de $3,6 \times 10^{16}$ L, para um volume de águas oceânicas de $1,4 \times 10^{21}$ L.

O tempo de residência de um íon majoritário num dado reservatório serve como indicador para se entender os ciclos que atuam na coluna d'água e suas interfaces, além de poder ser usado como traçador de alterações antrópicas, ou seja, aquelas causadas pelo homem. O tempo de residência de uma dada substância ou espécie química (íon) em um corpo aquático,

τ , é definido como sendo:

$$\tau = A/F$$

onde τ é o tempo de residência (unidade de tempo), A é o estoque da espécie de interesse no corpo aquático (em massa) e F é o fluxo de aporte (F_{in}) ou da retirada (F_{out}) da espécie no sistema sob estudo (em unidades de massa/tempo), sendo que no estado estacionário, $F_{in} = F_{out}$. O quadro abaixo traz alguns exemplos do cálculo do tempo de residência no oceano.

Exemplo de como calcular tempo de residência

A concentração média do íon sódio (Na⁺) em água doce é de $0,23 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹ (Tabela 2). Assumindo-se que o volume de água doce lançado no oceano em todo o planeta seja de $3,6 \times 10^{16}$ L ano⁻¹, qual o tempo de residência deste íon na água do mar?

Sabendo-se que $\tau = A/F$, será necessário calcular o estoque de sódio no oceano e dividir este valor pelo fluxo (aporte) oriundo da água doce.

$$A = 1,4 \times 10^{21} \text{ L (volume do oceano)} \times 0,47 \text{ mol L}^{-1} \text{ (concentração média)} = 644 \times 10^{18} \text{ mol}$$

$$F = 3,6 \times 10^{16} \text{ L ano}^{-1} \times 0,23 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} = 8,28 \times 10^{12} \text{ mol ano}^{-1}$$

$$\tau = 644 \times 10^{18} \text{ mol} / 8,28 \times 10^{12} \text{ mol ano}^{-1} = 78 \times 10^6 \text{ anos}$$

Este tempo de residência elevado permite que a concentração de sódio seja homogênea em todo o oceano, independentemente da sua localização.

A circulação dos oceanos e a transferência de calor

A circulação dos oceanos é provocada pela energia do sol, de forma direta e indireta, e pela rotação da Terra. Os ventos transferem sua energia para os oceanos, causando a movimentação das águas da superfície. Portanto, podemos dizer que a circulação na superfície dos oceanos é dominada por ventos que afetam uma camada de água de até algumas centenas de metros levando, primariamente, à circulação horizontal, ou circulação geostrófica. Esta circulação oceânica ilustra muito bem a forte interação que há entre oceano e atmosfera. Como os ventos e as águas na superfície se movem relativamente devagar, o movimento de rotação da Terra contribui para provocar a circulação da atmosfera e do oceano. Essa força de rotação da Terra, que interfere na direção das correntes, é chamada de força de Coriolis.

À medida que a massa d'água da Corrente do Golfo vai sendo transportada para o norte, vai se tornando mais fria e mais densa, e acaba afundando até grandes profundidades (1000 – 2000 m) provocando, assim, a movimentação das águas profundas. Este tipo de corrente é chamada de circulação termohalina, que é resultado do gradiente de densidade que, por sua vez, é consequência da combinação entre a temperatura (“termo”) e a salinidade (“haleto”) da água. A circulação de águas profundas forma um enorme “Cinturão Oceânico” (do inglês Conveyor Belt), que move todo o oceano

As correntes superficiais e profundas são as grandes responsáveis pela distribuição de calor nos oceanos e, conseqüentemente, em todo o planeta.

Sabemos que a temperatura média do planeta vem aumentando, e se esta subir o suficiente para derreter grandes quantidades de gelo na região do Ártico, poderia haver um decréscimo na salinidade da água do mar naquela região.

Levando em conta também o fato das temperaturas estarem mais elevadas isto poderia provocar uma diminuição na densidade das massas de água que atingem o norte do Atlântico. Devido à sua baixa densidade, estas águas poderiam deixar de afundar, enfraquecendo a circulação termohalina.

Vemos portanto que os oceanos, além de terem uma enorme capacidade térmica (devido ao alto calor específico da água), são os principais responsáveis pelo transporte de calor ao redor do planeta (calor latente de vaporização e correntes marinhas), o que vem demonstrar sua grande importância na estabilização do nosso sistema climático.

Distribuição da temperatura nos corpos aquáticos

É muito fácil entendermos que a temperatura da água em qualquer corpo aquático profundo decresce com a profundidade, visto que a condução de calor ocorre de forma muito lenta.

Portanto, as camadas superiores de água, que recebem maior insolação, mantém uma temperatura mais elevada que as camadas inferiores, com exceção das regiões polares, onde a insolação é muito baixa.

Além da temperatura, a ação dos ventos é também de suma importância para manter a camada superior de água bem misturada, formando assim a chamada camada de mistura.

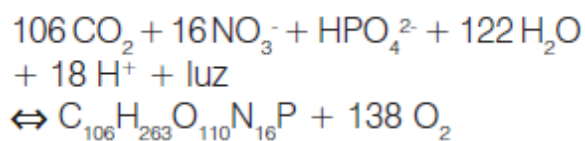
Abaixo da camada de mistura, a temperatura decresce rapidamente até aproximadamente 1000 m de profundidade, formando a chamada termoclina

Abaixo da termoclina (zona profunda) a temperatura decresce muito lentamente até o leito do oceano. Essa pequena variação de temperatura nas águas profundas ocorre em todo o oceano e independe da estação do ano.

A circulação vertical ocorre de forma sazonal, e restringe-se a apenas algumas centenas de metros nas regiões oceânicas temperadas, pois são nessas regiões que ocorrem as grandes variações anuais de temperatura.

Produtividade primária, distribuição de nutrientes e oxigênio na hidrosfera
Embora vários elementos sejam necessários para manter a vida, o termo “nutrientes” tem sido tradicionalmente utilizado para designar nitrogênio, fósforo e silício. Estes nutrientes são também chamados de biolimitantes, isto é, limitantes da vida.

A grande maioria dos organismos vegetais microscópicos que compõem o primeiro elo da cadeia alimentar em águas é chamada de fitoplâncton. Uma série de micronutrientes contendo, por exemplo, ferro, cobre e zinco, também são essenciais para o metabolismo adequado do fitoplâncton. Nitrato e fosfato, além de dióxido de carbono e água, são incorporados Pelo fitoplâncton durante o processo de fotossíntese, que transforma compostos inorgânicos dissolvidos na água, em matéria orgânica particulada, isto é, em tecido vegetal. Foi observado que o tecido do fitoplâncton marinho possui em média a proporção atômica C:N:P de 106:16:1, chamada de razão de Redfield, o qual propôs a seguinte estequiometria de reação para o processo de fotossíntese:



Esta reação no sentido inverso representa o processo de respiração ou de decomposição da matéria orgânica. Silicato é utilizado por alguns organismos, particularmente diatomáceas (fitoplâncton) e radiolárias (zooplâncton – pequenos animais sem locomoção própria) para a formação do esqueleto ou conchas (Libes, 1992).

A fotossíntese pode ser definida como o processo físico-químico pelo qual plantas, algas e certas espécies de bactérias usam energia solar para sintetizar compostos orgânicos. É o processo de fotossíntese que fornece a energia necessária para a manutenção de praticamente toda a vida na Terra.

A produtividade primária refere-se ao acúmulo de biomassa de plantas com o tempo, que ocorre pelo processo fotossintético. Portanto, a produtividade primária é quantificada pela massa de carbono orgânico fixado em uma

determinada área (no caso de plantas terrestres) ou volume de água, dentro de um certo período de tempo. Nós veremos mais adiante que a produtividade primária tem grande influência sobre a atmosfera e o clima da Terra.

A produtividade primária líquida refere-se à diferença entre o carbono fixado pela fotossíntese e aquele emitido pela respiração. Hoje, estima-se que a produtividade primária líquida total (marinha e terrestre) é de 105 GtC (gigatonelada de carbono) por ano, sendo que 46% se refere à produtividade oceânica (Field et al., 1998). Dos estimados 5,5 GtC emitidos para a atmosfera a cada ano por meio da queima de combustíveis fósseis, os oceanos são responsáveis pela absorção de cerca de 35% deste total. Porém, nos oceanos, a produtividade primária é muito variável.

Fluxos na interface água-ar

A interface água-ar é uma região muito dinâmica, onde a troca de energia e de matéria ocorrem continuamente.

Muito embora para todos nós a percepção do fluxo de energia nesta

interface seja algo muito natural (vide a luz solar e a fotossíntese, por exemplo),

o fluxo de espécies gasosas tem sido muito pouco estudado. Gases biogênicos, gerados ou consumidos por atividade biológica (respiração e fotossíntese, por exemplo) como o CO₂ e O₂, causam um desequilíbrio de concentração na fase aquosa, fato este que se reflete na transferência de massa nesta interface.

4) Ciclos Globais de Carbono, Nitrogênio e Enxofre: a importância na química da atmosfera

O estudo químico da atmosfera busca compreender este sistema e suas interações com os outros compartimentos do planeta, em termos de seus constituintes naturais e artificialmente introduzidos. A compreensão envolve a identificação das fontes de emissão, das formas de transporte e remoção e, também, o acompanhamento das transformações e concentrações em escalas locais, regionais e globais. Neste artigo são apresentadas as diferentes camadas da atmosfera terrestre, suas características e constituintes químicos principais e os ciclos globais do carbono, nitrogênio e enxofre e seus impactos no ambiente.

Várias das mudanças globais no ambiente causadas por atividades humanas, tais como o aumento nas concentrações e a dispersão global de contaminantes químicos e poluentes, a depleção na camada de ozônio na estratosfera, o aquecimento global e a chuva ácida, são mediadas através da química da atmosfera.

Desde as revoluções agrícola e industrial, o balanço entre processos físicos, químicos e biológicos no planeta tem sofrido mudanças como resultado, por exemplo,

do elevado crescimento da população, da queima de quantidades cada vez maiores de combustíveis fósseis - e a consequente liberação de grandes quantidades de gás carbônico para a atmosfera - e a intensificação de práticas de plantio, levando ao grande consumo de fertilizantes.

O aumento da concentração atmosférica de CO₂, por exemplo, é resultado principalmente da queima de combustíveis, mas também resulta de processos de desflorestamento e das contínuas trocas de carbono efetuadas entre a atmosfera, os oceanos e a biosfera continental. As emissões de óxido nítrico vem crescendo como resultado das práticas de fertilização do solo, enquanto metano, que também participa em importantes processos fotoquímicos, é gerado em grandes quantidades por atividades humanas – queima de biomassa, pecuária, depósitos de lixo – e processos naturais (pântanos, decomposição de matéria orgânica).

As altas concentrações de ozônio na troposfera são indesejáveis e resultam de complicados processos fotoquímicos que envolvem as emissões, naturais e artificiais, de óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos. O mesmo ozônio, quando na estratosfera é desejável e vem sofrendo depleção em sua camada de proteção a Terra, como resultado de reações químicas que envolvem, entre outros, os clorofluorcarbonetos, usados industrialmente em diversos fins, como por exemplo, gases refrigerantes.

Abreviaturas

GtC = gigatoneladas de carbono
(1 giga = 10¹²);

Mt = megatoneladas (1 mega = 10⁶);

MtC = megatoneladas de carbono;
MtN = megatoneladas de nitrogênio

MtS = megatoneladas de enxofre;
mbar = milibar

smog = *smoke* + *fog* (fumaça + neblina);

reações fotoquímicas = reações induzidas pela luz

As emissões de enxofre na queima de carvão mineral e óleos diesel e combustível, para produção de energia, mas também em erupções vulcânicas, contribuem para os fenômenos da chuva ácida e da formação de aerossóis que, entre outros efeitos, podem ocasionar variações climáticas nas temperaturas regionais por dispersão da radiação solar.

A Atmosfera

A atmosfera, tênue envelope de ar que envolve nosso planeta, tem papel fundamental para os seres vivos, pois afeta diretamente o ambiente em que vivemos, mantendo as condições ideais na superfície para a criação e manutenção da vida e, também, protegendo-a de agressões externas. Citando alguns exemplos, ela fornece o dióxido de carbono usado na fotossíntese, o nitrogênio convertido pelas bactérias fixadoras em nitrogênio utilizável pelas plantas, essencial na construção de biomoléculas, além de atuar como um escudo protetor contra radiação cósmica de alta energia.

Geralmente a atmosfera é descrita em termos de camadas, as quais são caracterizadas por gradientes específicos de temperatura, conforme ilustra a Figura 1.

A troposfera, que se estende da superfície do solo até a tropopausa - cuja altitude varia entre cerca de 18 km nos trópicos, 12 km em latitudes médias e 6 a 8 km nos polos – caracteriza-se por um decréscimo progressivo da temperatura com o aumento da altitude.

Na troposfera acontece a maior parte das reações químicas envolvendo as espécies presentes na atmosfera, bem como nela residem os principais mecanismos de remoção de substâncias e processos climáticos e meteorológicos. Imediatamente acima da troposfera tem-se a estratosfera, que vai até uma altitude de aproximadamente 50 km, delimitada pela estratopausa. Nesta camada, a temperatura obedece a um gradiente positivo, resultante da energia de reações fotoquímicas envolvendo o ozônio e oxigênio molecular. Cerca de 90% do ozônio contido na atmosfera está na estratosfera, sendo este ozônio responsável pela filtração da radiação ultravioleta de alta energia, proveniente da luz solar.

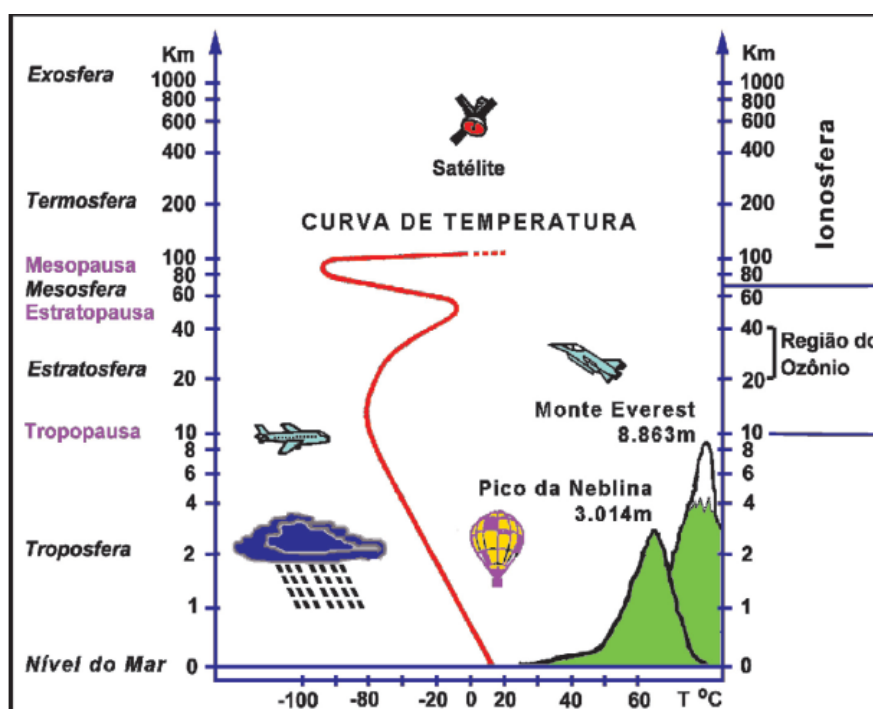


Figura 1: Representação da atmosfera terrestre.

A estratosfera é bastante estável quando comparada à troposfera, sendo de um a três anos o tempo de vida médio das substâncias introduzidas em seu limite inferior. Boa parte desta estabilidade é devida à ausência de mecanismos de transporte vertical, via convecção, resultado da variação positiva da temperatura com a altitude.

A seguir vem a mesosfera, mais uma vez apresentando um gradiente negativo de temperatura, e se estendendo a uma altitude de cerca de 90 km, até a mesopausa. Nesta região, novamente voltam a existir importantes mecanismos de transporte vertical de massa.

Acima da mesosfera e como última camada, a termosfera de novo apresenta variação positiva de temperatura com a altitude, sendo a difusão molecular um importante mecanismo de separação gravitacional de espécies, de acordo com sua massa molar.

Ciclos globais

Ao longo do tempo, a composição da atmosfera tem se modificado em resposta às interações biológicas e geológicas, que ocorrem nas interfaces com a litosfera e a hidrosfera. As altas concentrações de nitrogênio e oxigênio, por exemplo, devem-se à regeneração contínua dessas substâncias por organismos vivos (atividade microbiana e fotossíntese, respectivamente). Na ausência da biota, a atmosfera do planeta teria concentrações de gás carbônico muito maiores do que as atuais, ao passo que o oxigênio seria apenas uma substância em concentração em nível de traços. A vida na Terra é mantida pela energia proveniente do Sol e pelas interações entre sistemas físicos e biológicos em contínuo reciclo, tornando o planeta um sistema autossustentado e em evolução.

O Ciclo do Carbono

A importância do carbono e de seus compostos é indiscutível. Este é onipresente na natureza e seus compostos (e.g. proteínas, carboidratos e gorduras) são constituintes essenciais de toda a matéria viva, e fundamentais na respiração, fotossíntese e regulação do clima.

Existe uma grande variedade de compostos de carbono envolvidos no seu ciclo global, dos quais serão abordados os principais compostos presentes na atmosfera:

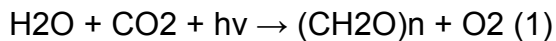
dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), hidrocarbonetos não metânicos (HCNM) e monóxido de carbono (CO).

Dióxido de carbono (CO_2)

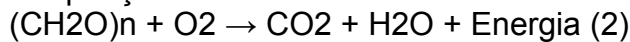
Os reservatórios de CO_2 na atmosfera, litosfera e oceanos são extremamente grandes. Os fluxos entre estes compartimentos são bidirecionais e quase em balanço, o que faz com que as estimativas de troca sejam difíceis.

As trocas de CO_2 entre a atmosfera e a biosfera terrestre ocorrem principalmente através da fotossíntese e a respiração por plantas. Estes dois processos podem ser resumidos pelas seguintes equações:

Fotossíntese:

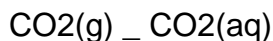


Respiração:

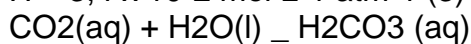


Dessa maneira, parte do CO₂ fixado segundo a equação 1, é reemitido segundo a equação 2. O restante será armazenado, na forma de biomassa, pelas folhas, caules, raízes, etc, no que é chamado de Produção Primária Líquida (PPL). Essa biomassa, ao ser consumida, como alimento, por organismos heterotróficos, é parcialmente reconvertida de forma imediata a CO₂ pela respiração e, posteriormente, por processos de decomposição da matéria orgânica, através da morte de animais e plantas e ataque por microrganismos.

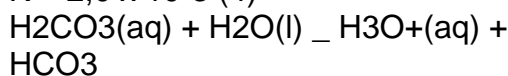
No decorrer de um tempo suficientemente longo, a respiração e a decomposição dos organismos heterotróficos tende a balancear a PPL. A fixação do CO₂ pelos oceanos se dá através da dissolução do gás na água e por fotossíntese. A dissolução do CO₂ pode ser expressa pelas seguintes equações:



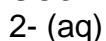
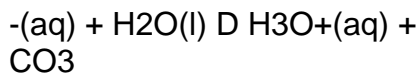
$$H = 3,4 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1} \quad (3)$$



$$K = 2,0 \times 10^{-3} \quad (4)$$



$$K = 4,3 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1} \quad (5)$$



$$K = 4,7 \times 10^{-11} \text{ mol L}^{-1} \quad (6)$$

A espécie predominante irá depender do pH da água e das respectivas constantes de equilíbrio das reações.

De modo aproximado, a 15 °C e valores de pH abaixo de 5,0, prevalece o CO₂(aq), enquanto para pH acima de 10,5 prevalece o CO₃²⁻(aq). Para pH próximos a 8,0 praticamente só existe o íon HCO₃⁻

No caso de oceanos, em que o pH da água está próximo a 8,0, a espécie solúvel predominante será, portanto, o íon bicarbonato, HCO₃⁻

Metano (CH₄)

O metano é o composto orgânico em nível traço de maior presença na atmosfera, sendo, depois de CO₂ e vapor d'água, o gás estufa mais abundante.

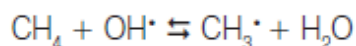
A concentração atmosférica do metano permaneceu durante centenas de anos praticamente estável em cerca de 700 mL/m³ até há aproximadamente 200 anos, quando começou a aumentar progressivamente para os valores médios atuais (1998) de aproximadamente 1700mL/m³. Esse aumento é creditado principalmente a atividades antrópicas.

As fontes de emissão de metano para a atmosfera envolvem áreas alagadas e com deficiência em oxigênio, tais como pântanos, lagos e regiões de cultivo alagado, como no caso do arroz.

As emissões de metano ocorrem através de vários processos, sendo resultado final da decomposição de matéria orgânica via mecanismos redutores, como a que ocorre no organismo de ruminantes (e.g. bovinos e caprinos) e de insetos (e.g. cupins).

As principais atividades humanas responsáveis pela emissão de metano são: decomposição de lixo em aterros sanitários; queima de biomassa; mineração de carvão; processamento de petróleo e extração de gás natural.

O principal mecanismo para a remoção do metano na troposfera envolve a oxidação via radical OH•, mediante a abstração de um de seus átomos de hidrogênio e a formação de um radical CH₃• e água, segundo a reação a seguir:



Hidrocarbonetos não metânicos (HCNM)

Devido às maiores velocidades de reação na atmosfera, especialmente frente ao radical OH•, os demais hidrocarbonetos recebem esta classificação que os diferencia do metano.

Uma grande variedade de HCNM é emitida para a atmosfera, e suas reações têm importante papel para a química deste compartimento, sendo os mesmos precursores de diferentes oxidantes fotoquímicos, tais como aldeídos, ácidos carboxílicos e ozônio.

Valores estimados dão conta que, anualmente, cerca de 1270 MtC são emitidas para a atmosfera na forma de HCNM. Desses, a maior contribuição (~92%) vem de fontes naturais, como emissões por plantas, oceanos e atividade microbiana. Os 8% restantes provêm de atividades antrópicas, tais como indústrias, produção de energia e emissão veicular. Extremamente significativas são as emissões naturais de isopreno – 500 MtC/ano (39%) –, e monoterpenos – 125 MtC/ano (10%) – sendo a vegetação sua principal fonte, especialmente florestas e árvores como pinheiros, eucaliptos e as produtoras de frutos cítricos.

Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono tem importante papel na química da troposfera, especialmente através da reação com o radical OH•, sendo um dos controladores de sua concentração no ar em diversos locais. É ainda um gás-estufa, embora de efeitos menos severos do que o CO₂. Monóxido de carbono é produzido na oxidação atmosférica do metano e de HCNM, na emissão por plantas e microrganismos, na fotoxidação de matéria orgânica dissolvida em

oceanos e também em diferentes tipos de atividade humana, tais como queima e combustão incompleta de biomassa e combustíveis fósseis.

As quantidades atmosféricas de CO diferem de acordo com o local, sendo que em áreas remotas da troposfera seus valores variam entre 30-65 mL/m³ no hemisfério sul e entre 60 e 200 mL/m³ no hemisfério norte.

Todavia, em áreas urbanas ou sujeitas à intensa atividade humana, esses valores tendem a ser muito maiores. Estimativas para o balanço de CO indicam que, anualmente, entre 1400 e 3700 Mt de CO são introduzidas na atmosfera, predominantemente através da oxidação de metano e HCNM, enquanto entre 1550 e 3100 Mt são removidas, principalmente através de sua reação com o oxidante OH•.

O Ciclo do Nitrogênio

Muitos compostos contendo nitrogênio são encontrados na natureza, pois este elemento químico possui grande capacidade de fazer ligações químicas, com números de oxidação variando de (-3) a (+5). É o mais abundante elemento químico na atmosfera terrestre, contribuindo com aproximadamente 78% de sua composição.

A molécula de N₂ é extremamente estável e quase não desempenha papel químico importante, exceto na termosfera (altitude maior que 90 km) onde pode ser fotolizada ou ionizada.

Os constituintes minoritários, tais como óxido nitroso

(N₂O), óxido nítrico

(NO), dióxido de nitrogênio

(NO₂), ácido

nítrico (HNO₃) e amônia

(NH₃) são quimicamente reativos e têm importantes papéis nos problemas ambientais contemporâneos, incluindo a formação e precipitação ácida (chuva ácida), poluição atmosférica (smog fotoquímico), aerossóis atmosféricos e a depleção da camada de ozônio. Os óxidos de nitrogênio, NO e NO₂, são rapidamente interconvertíveis e existem em equilíbrio dinâmico. Por conveniência a soma das duas espécies é geralmente referida como NO_x (NO_x = NO + NO₂).

O nitrogênio é essencial à vida, sendo necessário, por exemplo, na constituição das proteínas e do DNA que contém as informações genéticas. A atmosfera é o principal reservatório de nitrogênio, sob forma de N₂, embora as plantas e animais não possam utilizá-lo diretamente. Os animais necessitam do nitrogênio incorporado em compostos orgânicos (aminoácidos e proteínas), enquanto que plantas e algas necessitam do nitrogênio sob a forma de íons nitrato (NO₃⁻) ou íons amônio (NH₄⁺).

Compostos de Nitrogênio

Além do nitrogênio gasoso, os mais importantes compostos de nitrogênio presentes na atmosfera são a amônia e os óxidos de nitrogênio, os quais serão discutidos a seguir.

Amônia (NH₃)

A amônia, apesar do seu tempo de vida relativamente curto, de aproximadamente 10 dias, é o terceiro composto de nitrogênio mais abundante na atmosfera, ficando atrás apenas do N₂ e N₂O. A sua concentração é variável no espaço e no tempo, sendo os valores característicos na faixa de 0,1-10 mL/m³. As principais fontes incluem a decomposição enzimática da ureia proveniente de urina e excremento animais, emissão pelo solo, queima de biomassa e perdas durante a produção e aplicação de fertilizantes, que representam a emissão global de cerca de 104,5 MtN/ano como amônia. A amônia é principalmente um produto da atividade biológica, bem como um subproduto da agricultura e do processo de produção de excrementos por seres humanos e animais.

O uso de fertilizantes inorgânicos e a produção de excremento, particularmente em áreas onde há concentração ou confinamento de animais, aceleram a emissão de amônia pelo solo, devido ao aumento das concentrações de NH₃ e NH₄⁺.

A amônia é um gás naturalmente alcalino, sendo de grande importância na neutralização da chuva ácida na atmosfera, como exemplificado na reação 12, configurando-se o processo representado por esta reação num dos principais sorvedouros do NH₃ atmosférico.



A conversão para aerossóis, através da reação de amônia com H₂SO₄ e HNO₃, resulta, portanto, na formação de sulfatos e nitratos, sob forma de partículas, as quais são removidas do ar atmosférico por deposição seca ou úmida.

Óxido nitroso

O óxido nitroso (N₂O) é liberado para a atmosfera predominantemente do solo e da água, sendo os solos tropicais, provavelmente, as mais importantes fontes naturais deste gás. As emissões devidas ao uso de fertilizantes na agricultura representam a maior contribuição antrópica global de óxido nitroso. Várias outras fontes antrópicas (e.g. atividade industrial, queima de biomassa) contribuem, em menor escala, com o aumento da concentração do N₂O atmosférico.

O conjunto destas fontes representa a emissão global de cerca de 23,7 MtN/ano como óxido nitroso.

O óxido nitroso tem um tempo de vida global na atmosfera de 130-150 anos, é considerado um gás estufa e é relativamente inerte na troposfera.

Óxido Nítrico e outros Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

A grande concentração de óxido nítrico (NO) e outros óxidos de nitrogênio (NO_x) presentes na atmosfera resulta principalmente da queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa e emissões pelo solo devido a processos biológicos. Outras fontes (e.g. descargas de relâmpago, oxidação de amônia e emissão por oceanos) contribuem, em menor escala, com o aumento da concentração de óxidos de nitrogênio na atmosfera. O conjunto destas fontes representa a emissão global de cerca de 64 MtN/ ano como NO_x.

Os óxidos de nitrogênio têm um papel relevante na formação de ozônio na troposfera, que ocorre por uma sequência complexa de reações fotoquímicas, envolvendo, principalmente, dióxido de nitrogênio (NO₂), hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos e luz solar.

O ácido nítrico e nitratos presentes na troposfera são solubilizados na fase aquosa atmosférica (e.g. nuvens, chuva e neblina) e removidos da atmosfera em processo de deposição úmida.

Outro exemplo de processo de remoção de óxidos de nitrogênio é a absorção por plantas. Neste, o óxido nítrico (NO) é consumido mais lentamente que o dióxido de nitrogênio (NO₂) e ácido nítrico (HNO₃).

O Ciclo do Enxofre

Muitos compostos contendo enxofre são encontrados na natureza, pois este elemento possui grande capacidade de fazer ligações químicas, com números de oxidação variando de (-2) a (+6). O enxofre é um elemento essencial à vida na Terra, sendo alguns de seus compostos de grande importância biológica: organismos vivos, incluindo plantas, assimilam espécies de enxofre, enquanto que ao mesmo tempo, várias formas de enxofre são emitidas como produto final de seus metabolismos.

O enxofre representa aproximadamente 0,5% da massa seca de plantas e microrganismos e 1,3% do tecido animal.

O ciclo global do enxofre compreende um conjunto de transformações entre as espécies de enxofre presentes na litosfera, hidrosfera, biosfera e atmosfera.

Compostos Reduzidos de Enxofre Dimetilsulfeto (CH₃SCH₃) é o principal composto biogênico do enxofre, sendo emitido predominantemente por certas algas marinhas, por exemplo, a alga vermelha *Polysiphonia fastigiata*. Parte do enxofre deste organismo está na forma de ácido dimetilssulfopropiônico, que sofre decomposição produzindo o DMS, formando um grande reservatório desta espécie nos oceanos.

Cerca de 3% a 10% do DMS presente na água do mar é perdido para a atmosfera, porém o oceano é responsável por 99% do fluxo global de DMS, sendo estimado um valor de 16 MtS/ano. O restante está relacionado com emissões terrestres a partir de vegetação e solos. Uma vez na atmosfera, o DMS reage principalmente com radical hidroxila OH•, que é o principal responsável pela sua remoção.

As árvores e outras espécies de plantas são as principais fontes de sulfeto de carbonila (COS) para a atmosfera.

O fluxo de cerca de 0,3 MtS/ ano é estimado para fontes terrestres e oceânicas. A queima da biomassa constitui a maior fonte direta antrópica de COS (12% do total). Devido à baixa reatividade química, o COS é o gás contendo enxofre, mais abundante na atmosfera. Seu tempo de vida médio é de 1,5 ano, o que permite que atinja a alta atmosfera, sendo uma importante fonte de SO₂ e de sulfato particulado para a estratosfera.

O sulfeto de hidrogênio (H₂S) é um gás de cheiro desagradável, sendo o principal produto da atividade bacteriana.

Fontes de H₂S para a atmosfera incluem emissões vulcânicas, oceânicas, a partir de solos e vegetação, queima da biomassa e emissões industriais.

Uma vez na atmosfera, é rapidamente oxidado pelo radical $\text{OH}\cdot$. O dissulfeto de carbono (CS_2) é um gás produzido na atmosfera pelo ataque de radicais $\text{OH}\cdot$ ao sulfeto de carbonila (COS). Fontes desta espécie incluem também atividades industriais, destacando-se a indústria de celulose.

Dióxido de Enxofre (SO_2)

Grandes quantidades de enxofre são lançadas na atmosfera na forma de dióxido de enxofre, um dos mais comuns poluentes atmosféricos. As principais fontes de emissão deste gás são a queima de combustíveis fósseis e atividades industriais (refino de petróleo, metalurgia, cimento), enquanto que a atividade vulcânica é a principal fonte associada a emissões naturais de SO_2 . A queima da biomassa também tem sido considerada uma fonte importante de enxofre atmosférico, principalmente nas regiões tropicais. Estimativas da produção total de SO_2 de origem antrópica indicam cerca de 99 MtS/ano.

Conversão das Espécies de Enxofre

A atmosfera atua como um meio oxidante: compostos reduzidos de enxofre reagem principalmente com radicais $\text{OH}\cdot$ e $\text{NO}_3\cdot$, sendo oxidados principalmente a SO_2 . Uma vez formado ou emitido para a atmosfera, SO_2 é oxidado, tanto na fase gasosa, quanto na fase aquosa (chuva, neblina, nevoeiro), produzindo ácido sulfúrico (H_2SO_4) ou partículas neutralizadas sob forma de sulfato

Impacto Ambiental

Ao lado dos processos naturais, atividades humanas tais como indústrias, agricultura e pecuária, aglomeração em grandes cidades, todas dependentes de grandes quantidades de variados insumos e energia, também interferem significativamente nos diversos ciclos, ocasionando transformações na composição e na concentração dos diversos constituintes da atmosfera. Atualmente, termos tipo depleção da camada de ozônio, efeito estufa e chuva ácida, entre outros, foram incorporados ao cotidiano do cidadão comum. O uso de combustíveis fósseis tem contribuído de forma significativa para o aumento da concentração (pressão parcial) de CO_2 na atmosfera. Este fato é preocupante pois, se de um lado, este gás é fundamental para processos como a fotossíntese, regulação da alcalinidade da água do mar, composição do exoesqueleto de animais marinhos, etc. o aumento da pressão parcial do CO_2 na atmosfera pode favorecer algumas culturas de alimentos e fibras. Por outro lado, pode prejudicar o rendimento de outras. Mesmo nos casos onde ocorra o incremento da produção, existirá simultaneamente um maior consumo de nutrientes, o que forçará o aumento do uso de adubos artificiais.

A intensificação de práticas agrícolas com o uso de fertilizantes químicos, o incremento de atividades industriais e das emissões por motores de combustão interna, em muitas regiões do mundo, têm modificado substancialmente o ciclo

do nitrogênio, resultando em poluição do ar e da água por ácido nítrico e nitratos e a deposição de amônia nos ecossistemas terrestres.

Os impactos ambientais no ecossistema terrestre e em especial na atmosfera, devido à utilização e transformação de substâncias químicas, poderão ser minimizados pelo uso adequado dos conhecimentos de química e dos recursos naturais, pelo entendimento dos processos ambientais, bem como, pelo estabelecimento de estratégias de remediação e desenvolvimento sustentado. Este é o grande desafio para as gerações atuais e futuras.

CADERNO TEMÁTICO #6

QUÍMICA INORGÂNICA E MEDICINA

Embora não entre na bibliografia, consideramos importante mencionar os temas tratados pelo Caderno Temático # 6.

1) Contribuições da química inorgânica para a química medicinal

Sabemos que a Química Orgânica tem feito inúmeras contribuições para a Medicina, através da descoberta de princípios ativos, do planejamento e da síntese de fármacos. No entanto, a Química Inorgânica tem igualmente papel importante, tanto na clínica quanto na pesquisa e no desenvolvimento de novos medicamentos, como veremos neste Caderno Temático. Mostramos aqui algumas possibilidades de intervenção da Química Inorgânica na Química Medicinal, através de exemplos de compostos inorgânicos em uso clínico ou que estão sob investigação, bem como de compostos orgânicos cujo mecanismo de ação envolve a interação com um metal.

2) Suplementação de elementos-traços

Neste artigo são apresentados alguns aspectos gerais relacionados às funções e ao caráter essencial de sistemas inorgânicos fundamentais para o desenvolvimento correto e balanceado dos processos fisiológicos e metabólicos nos seres vivos. Sabe-se que deficiências de elementos-traços essenciais dão origem a várias desordens fisiológicas e doenças. Assim, a suplementação desses elementos transformou-se em um tema de crescente importância na Farmacologia moderna, e a Química Inorgânica Medicinal propõe diferentes metodologias e vias para que os processos de suplementação sejam cada vez mais efetivos e potentes. Essas metodologias são ilustradas com exemplos que envolvem a suplementação de ferro, zinco, cobre, cromo, magnésio, selênio e alguns outros elementos minoritários.

3) Química Inorgânica na terapia do câncer

O câncer é uma das doenças mais importantes na atualidade, constituindo a segunda maior causa de mortes nos países industrializados depois das doenças cardiovasculares. A introdução, a partir de 1978, do complexo cis-diaminodicloroplatina(II), de nome comercial "cisplatina", na quimioterapia do câncer, representou um marco na história da Química Inorgânica Medicinal, e constituiu um importante avanço no tratamento de diversos tipos de tumores. Desde então, desenvolveu-se uma intensa busca por novos complexos metálicos que também apresentassem atividade antitumoral, o que levou à descoberta de outros complexos de platina que atualmente são utilizados em clínica médica. Neste artigo são discutidos os mecanismos de ação farmacológica desses compostos, que estão relacionados à ligação da platina com as bases nitrogenadas do DNA. Mostraremos que complexos de outros íons metálicos também podem apresentar atividade antitumoral, apesar de ainda não serem utilizados na clínica.

4) A química inorgânica no planejamento de fármacos usados no controle da hipertensão

Diversas classes de drogas são usadas para o tratamento da hipertensão, e muitas delas interagem com metais, como os diuréticos, os bloqueadores de canais de cálcio e os inibidores da enzima conversora da angiotensina (ECA). Esta enzima contém um átomo de zinco em sua estrutura e os anti-hipertensivos inibidores da ECA podem agir através da coordenação ao zinco. O nitroprussiato de sódio - um complexo de ferro com ligantes cianeto e nitrosila - é usado clinicamente nas emergências hipertensivas e provoca vasodilatação pela liberação de óxido nítrico, NO.

5) Novas embalagens para Medicamentos à base de antimônio usados no tratamento de leishmaniose e esquistossomose

Apresentaremos neste artigo as doenças parasitárias que se beneficiam da quimioterapia antimonial, alguns aspectos da farmacologia dos medicamentos à base de antimônio, as principais limitações do tratamento atual e novas alternativas terapêuticas.

6) A utilização do Elemento Tecnécio-99m no Diagnóstico de Patologias e disfunções dos seres vivos

Radiofármacos são fármacos radioativos utilizados no diagnóstico ou tratamento de patologias e disfunções do organismo humano. Vários radioisótopos são utilizados na preparação de radiofármacos, entre os quais o tecnécio-99m (^{99m}Tc), que apresenta características físicas ideais para aplicação em Medicina Nuclear Diagnóstica. Uma vez administrado ao paciente, o radiofármaco deposita-se no órgão ou tecido alvo e imagens podem ser adquiridas a partir da detecção da radiação proveniente do paciente, utilizando-se equipamentos apropriados. Trata-se de um procedimento não invasivo, que possibilita avaliações anatômicas, morfológicas e funcionais. O radionuclídeo ^{99m}Tc é obtido a partir do decaimento radioativo de outro radionuclídeo,

o molibdênio-99m (elemento pai), podendo ser facilmente disponibilizado, no ambiente hospitalar, a partir de geradores de ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$. O tecnécio-99m pode ligar-se a diferentes substratos ou ligantes, por reação de complexação, originando radiofármacos com afinidade por diferentes órgãos, sistemas ou receptores no organismo. O conhecimento da química de complexação do elemento tecnécio é de extrema importância para o desenvolvimento destes radiofármacos.

CADERNO TEMÁTICO #7

REPRESENTAÇÃO ESTRUTURAL EM QUÍMICA.

Estudos sobre representação estrutural desde os pontos de vista histórico e epistemológico são ainda uma novidade entre os químicos no Brasil. Mesmo no exterior, esses estudos têm tido pouco destaque. Alguns artigos têm sido publicados em revistas sobre Filosofia da Química, como *Foundations in Chemistry* e *International Journal for Philosophy of Chemistry*, no entanto, são raras as contribuições voltadas para os problemas com que nos deparamos na formação inicial e continuada de professores e de químicos. Se hoje em dia a esquematização de mecanismos de reação é lugar comum nos principais veículos de comunicação da Química, em outros tempos, essas questões não eram sequer debatidas. Perguntar quando e por que surgiram as primeiras formas de representação de átomos, moléculas, ligação química nos faz reconhecer que o mundo das partículas vem sendo construído ou habitado pelos químicos com alguma finalidade que extrapola o trabalho primordial de controlar a transformação dos materiais. A busca de respostas para essas questões pode nos levar por muitos caminhos que passam por compreender, por exemplo, as circunstâncias históricas em que surgiram modelos e teorias sobre a natureza corpuscular da matéria. Nos artigos que se seguem, os autores estão basicamente interessados em compreender as intrincadas relações entre o desenvolvimento de teorias do comportamento da matéria e o desenvolvimento de formas de representação caracteristicamente químicas. Esse é um dos muitos enfoques possíveis para responder essas

Introdução à Representação Estrutural em Química e outras questões sobre o comportamento da matéria na escala atômico molecular, que tem a vantagem de tomar como ponto de partida o princípio de que essas formas de representação, mais do que expressam o pensamento químico, são como suas unidades constitutivas. Da perspectiva da aprendizagem, adotar esse princípio implica rejeitar a ideia reducionista sobre o caráter simplificador da representação estrutural, o que de fato altera a posição de quem ensina, na medida em que nos faz reconhecer, nas fórmulas, nas equações, nos esquemas e nos objetos moleculares, não apenas meios de expressão do conhecimento, mas meios de produção desse conhecimento por um grupo social organizado. Portanto, se em vez de adotarmos a representação estrutural como uma técnica de registro do conhecimento, considerarmos suas bases histórica e epistemológica, daremos passos importantes para entender as dificuldades dos iniciantes na Química em dominar a representação estrutural. Um primeiro passo nessa direção é compreender o processo de elaboração da teoria atômica de Dalton, conforme sugerido por Viana e Porto neste número. O caminho percorrido pelos autores para interpretar essa teoria

sugere a presença decisiva da ideia de partículas devida a Boyle e Newton e de um meticuloso trabalho experimental sobre medidas de massa de sistemas gasosos. Assim, o vigor da teoria atômica de Dalton é também devido à articulação entre dados experimentais e formas criativas de representação das partículas. Um passo seguinte em direção ao entendimento das dificuldades dos estudantes com a representação estrutural nos remete à noção clássica de valência, conforme sugerido por Araújo Neto. Nesse caso, somos levados a reconhecer o caráter heurístico das formas de representação, o que nos indica novamente seu papel central na produção do conhecimento, em lugar de uma função meramente simbólica. Tendo isso posto, o autor sugere que a valência tenha sido um conceito chave para a criação de uma teoria estrutural da matéria. Pessoa Jr. nos traz diferentes interpretações da teoria quântica, algumas mais realistas e outras mais positivistas, sobre o significado das representações pictóricas do átomo de hidrogênio. Nessa perspectiva, os orbitais são um conceito central para a elaboração do modelo atômico e, portanto, suas representações pictórica e algébrica são excelentes possibilidades para debater questões de natureza ontológica dos sistemas atômicos. No último artigo dessa série, Góis e Giordan discutem as bases da teoria dos signos de Charles Peirce com o intuito de subsidiar o debate sobre os processos de significação relacionados ao emprego da representação estrutural. Dessa perspectiva, a dificuldade de aprendizagem dos estudantes é atribuída à dimensão simbólica do conhecimento químico, tendo em vista a sua vinculação com as dimensões macro e submicroscópica, e à natureza híbrida – indicial, icônica e simbólica – da representação estrutural nos processos de significação.

1) O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton

Este artigo descreve aspectos da construção da teoria atômica de John Dalton (1766-1844). Influenciado pelo corpuscularismo newtoniano e interessado em fenômenos meteorológicos, Dalton procurou desenvolver um modelo que explicasse o comportamento dos gases. Essas investigações o aproximaram de outras discussões correntes entre os químicos da época. A partir de dados das massas envolvidas em transformações químicas e pensando em termos de átomos, Dalton propôs um engenhoso método para determinar as massas relativas dos átomos. Esse episódio é um bom exemplo de como a construção de ideias na ciência pode ser um processo bastante complexo.

Dalton desenvolveu o pioneiro conceito de massas atômicas relativas - ponto central de sua teoria. O estudo dos principais aspectos do processo de elaboração dessa teoria pode ser muito útil para a compreensão de conceitos químicos fundamentais, bem como para se compreender melhor como a ciência se desenvolve. Dalton buscou aproximar-se da química recorrendo a noções corpusculares que lhe pareciam mais condizentes com a realidade: o corpuscularismo newtoniano.

A primeira teoria das misturas gasosas e a lei das pressões parciais.

Quando dois fluidos elásticos, denotados por A e B, são misturados, não existe

repulsão mútua entre suas partículas; isto é, as partículas de A não repelem as partículas de B, como se repelem entre si.

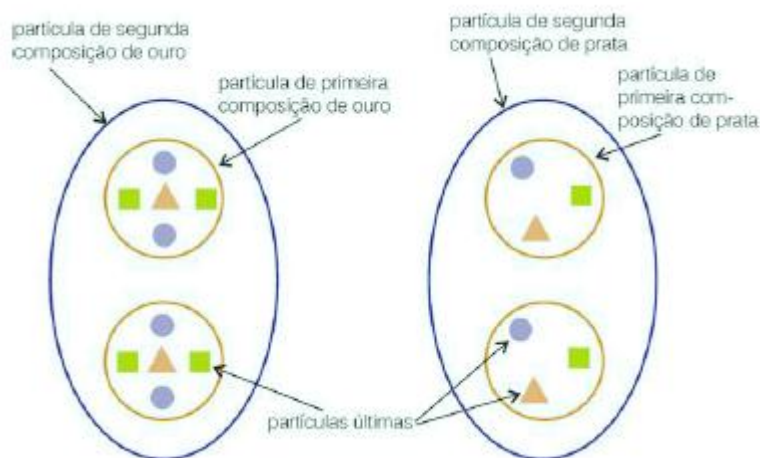


Figura 1: Estrutura dos corpúsculos de ouro e prata segundo a concepção de Newton

Da lei de Henry para a teoria atômica quantitativa. A Lei de Henry afirma que, em uma dada temperatura, a massa de gás absorvido pela água é diretamente proporcional à sua pressão parcial. A partir dessa Lei, Dalton formulou a seguinte proposição: *“Se uma quantidade de água, livre de ar, for agitada em presença de qualquer tipo de gás que não se una quimicamente com a água, ela absorverá uma massa de gás igual à sua própria, ou então uma parte dela, igual a uma das seguintes frações, a saber: 1/8, 1/27, 1/64, 1/125, etc. - sendo estas frações os cubos dos recíprocos dos números naturais 1, 2, 3, etc., ou seja, 1/1, 1/23, 1/33, 1/43, etc. O mesmo gás será sempre absorvido de acordo com a mesma proporção, como se mostra na tabela a seguir”.* Dalton atribuiu às massas atômicas a causa das diferentes solubilidades dos gases.

A determinação das massas atômicas relativas: Um problema a ser discutido Para a determinação das massas atômicas relativas, Dalton desenvolveu um modelo para explicar as combinações químicas e que propiciasse a previsão de fórmulas para os compostos. Elaborando a partir de sua primeira teoria das misturas gasosas, Dalton procurou explicar as combinações químicas exemplificando com o caso de uma mistura de oxigênio e hidrogênio. Haveria repulsão entre os átomos de oxigênio e também repulsão entre os átomos de hidrogênio, o que resultaria em uma situação de equilíbrio nessa mistura gasosa. Caso algum evento rompesse esse equilíbrio, haveria uma transformação: *Calor, ou algum outro poder, previne a união dos dois elementos, até que - por uma faísca elétrica, ou algum outro estímulo - o equilíbrio seja perturbado. Então, o poder de afinidade é capaz de superar os obstáculos à sua eficiência, e resulta uma união química das partículas elementares de hidrogênio e oxigênio.*

Dessa forma, Dalton chegou à “lei das proporções múltiplas”: 1 átomo de A + 1 átomo de B = 1 átomo de C, binário. 1 átomo de A + 2 átomos de B = 1 átomo de D, ternário. 2 átomos de A + 1 átomo de B = 1 átomo de E, ternário. 1 átomo de A + 3 átomos de B = 1 átomo de F, quaternário. 3 átomos de A + 1 átomo de B = 1 átomo de G, quaternário. Etc., etc. [...]

1º Quando somente uma combinação de dois corpos pode ser obtida, deve-se presumir que seja binária, a menos que alguma causa aponte para o contrário.

2º Quando duas combinações são observadas, deve-se presumir que sejam uma binária e uma ternária.

3º Quando três combinações são obtidas, podemos esperar que uma seja binária e as outras duas sejam ternárias.

4º Quando quatro combinações são observadas, devemos esperar uma binária, duas ternárias e uma quaternária etc.

5º Um composto binário deve ser sempre especificamente mais pesado do que a simples mistura de seus dois ingredientes.

6º Um composto ternário deve ser especificamente mais pesado do que a mistura de um binário e um simples, os quais, se combinados, o constituem.

7º As regras e observações acima igualmente se aplicam quando dois corpos, como C e D, D e E etc., são combinados.

Tabela 1: Frações de diferentes gases, dissolvidos em uma dada quantidade de água, em condições de pressão suficientes para a impregnação (Dalton, 1805). A legenda fornece nomes atuais para os gases estudados por Dalton.

Bulk absorbed, the bulk of water being unity.	
1/1 ^o = 1	Carbonic acid gas, sulphuretted hydrogen, nitrous oxide
1/2 ^o = 1,8	Olefiant gas, of the Dutch chemists
1/3 ^o = 1,27	Oxygenous gas, nitrous gas, carburetted hydrogen gas, from stagnant water
1/4 ^o = 1,64	Azotic gas, hydrogenous gas, carbonic oxide
1/5 ^o = 1,125	None discovered

Legenda:

carbonic acid gas = gás carbônico

nitrous oxide = óxido nitroso

oxygenous gas = gás oxigênio

carburetted hydrogen gas = gás metano

hydrogenous gas = gás hidrogênio

sulphuretted hydrogen = gás sulfídrico

olefiant gas = etileno

nitrous gas = monóxido de nitrogênio

azotic gas = gás nitrogênio

carbonic oxide = monóxido de carbono

Tabela 2: Valores determinados por Dalton para as proporções elementares em massa dos óxidos de nitrogênio.

	Nitrogênio	Oxigênio
Gás nitroso	42,1	57,9
Óxido nitroso	62	38
Ácido nítrico	26,7	73,3

Dalton descobriu que hidrocarbonetos também obedeceriam à lei das proporções múltiplas: o gás hidrogênio carburado – atualmente chamado metano - seria formado por um átomo de carbono e dois de hidrogênio; e o gás olefiante - atual etileno - seria formado por um átomo de carbono e um de hidrogênio. Os sais, obtidos de reações de neutralização, poderiam ser explicados por meio da lei das proporções múltiplas formulada por Dalton.

Nessa nova concepção de Dalton, os átomos passaram a ter diferentes tamanhos: quanto maior seu calor específico (o que significaria que o átomo seria capaz de reter uma maior quantidade de calórico a sua volta), maior o átomo.

Essas modificações no modelo atômico implicaram na segunda teoria das misturas gasosas e permitiu o estabelecimento de conexões diretas entre as “atmosferas” de calor dos átomos e suas massas atômicas: Os calores específicos, de pesos iguais de quaisquer dois fluidos elásticos, são inversamente proporcionais aos pesos de seus átomos ou moléculas: *“Os calores específicos, de iguais quantidades de fluidos elásticos, são diretamente proporcionais a suas gravidades específicas, e inversamente proporcionais aos pesos de seus átomos”*.

A proposição desse modelo que previa diferentes tamanhos para as partículas, em função de suas diferentes “atmosferas” de calórico, resultou em algumas discrepâncias com resultados experimentais. Conforme o leitor contemporâneo já terá percebido, esse aspecto do modelo de Dalton - ao contrário das massas atômicas relativas - não teve influência significativa sobre o desenvolvimento posterior da Química e acabou caindo no esquecimento.

Dalton, a partir do corpuscularismo newtoniano, conseguiu construir uma teoria atômica quantitativa mediante a utilização de dados provenientes de estudos sobre transformações químicas. Esse processo de elaboração não foi linear, mas repleto de complexidade. É justamente em função dessa complexidade que destacamos a importância de os professores de Química conhecerem, com alguma profundidade, esse episódio – tanto para refletirem sobre suas concepções acerca da ciência, quanto para repensarem a abordagem didática dos conceitos envolvidos.

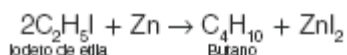
2) A noção clássica de valência e o limiar da representação estrutural

O artigo apresenta alguns fatos históricos relativos ao período inicial de desenvolvimento da noção de valência química, considerada como a “Noção Clássica de Valência”. São focalizados os aspectos derivados do programa de pesquisa da química orgânica, situados a partir de meados do século XIX. Pretende-se caracterizar a influência da noção de valência como um construto crucial para o desenvolvimento de uma “Teoria Estrutural” e a premência de formas de representação que participam como ferramenta heurística em detrimento de uma função simbólica para um objeto físico. A centralidade da noção de valência mantém-se por meio de seu valor histórico como uma

referência na elaboração de formas de representação e de novos conceitos que permanecem ainda hoje na prática dos químicos.

A noção é utilizada para tentar explicar os antigos domínios da afinidade química, produzindo com isso uma maneira especial de representar a realidade invisível dos átomos e das moléculas mediante as chamadas fórmulas estruturais. Atualmente, a valência tem uma função meramente sintática.

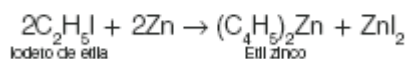
A força de combinação, que também ficou conhecida como capacidade de saturação, era uma nova expressão da antiga afinidade química dos elementos, fundamentadas nas leis de proporções múltiplas e de proporções constantes, que carregavam a implicação de que a capacidade dos átomos de se combinarem deveria ser exata e limitada. Uma noção funcional de valência só poderia emergir após a solução dos problemas na determinação de fórmulas empíricas de compostos orgânicos e inorgânicos, ou seja, após os conceitos de átomo, molécula e equivalente terem sido diferenciados.



Iodeto de etila

Butano

Figura 1: Equação representando a obtenção do butano a partir do iodeto de etila e zinco.



Iodeto de etila

Etil zinco

Figura 2: Equação representando a produção de etil zinco.

As primeiras fórmulas de Kekulé. Kekulé chegou a algumas conclusões sobre a equivalência de combinação entre o cloro e o oxigênio. Ao representar a reação conforme descrito na Figura 3, Kekulé atentou para a diferença entre o produto clorado, resultado da destruição do tipo original, enquanto com o enxofre isso não acontecia. A afirmação para tal efeito era que “a quantidade de enxofre que é equivalente a dois átomos de cloro não é divisível”

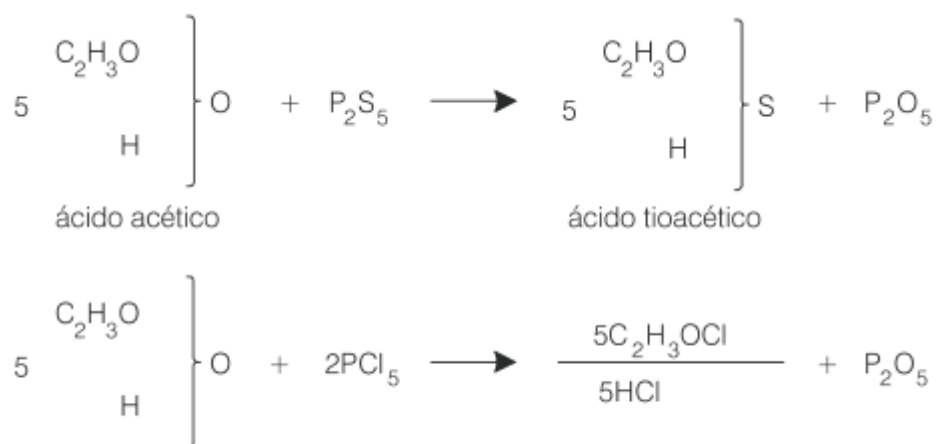


Figura 3: Reações conduzidas por Kekulé que implicaram na diferenciação entre a capacidade de combinação do cloro e do enxofre (Ihde, 1984, p. 222).

Com isto, Kekulé indicou que “o número de átomos de um elemento que combinam com um outro elemento dependem de sua *basicidade* ou *relação de tamanho* (*Verwandschaftsgrösse*) de suas partes componentes”, recaindo em três grupos principais: monobásicos, e.g. H e Cl; dibásicos, e.g. O e S; e tribásicos, e.g. N e P.

Kekulé formulou a tetra-atomicidade do carbono além de sua capacidade de estabelecer *esqueletos* pela utilização de duas das quatro atomicidades entre átomos de carbono: “o carbono é tetratômico, [...] e entra em combinação com ele mesmo, possuindo capacidade de saturação mútua”. Assim, em compostos como o etano (C₂H₆), cloreto de etila (C₂H₅Cl) e acetaldeído (CH₃CHO), há seis elementos em combinação com o esqueleto de dois Carbonos, representados na *forma salsicha* devido à sua característica arredondada nas extremidades. Kekulé entendia que a afinidade de um átomo pode ser usada completa ou parcialmente. No caso do SO₂, por exemplo, a substância seria composta de três átomos, cada um dos quais *dibásico*. Das seis afinidades possíveis para o enxofre, quatro são usadas para conectar os átomos de oxigênio, de modo que duas afinidades permaneceriam sem uso.

Valência e ligação química. O termo ligação química foi utilizado primeiramente por Butlerov (1828-1886) se encontrando com o termo valência provocando confusão para o sentido de ambos. Valência, inicialmente, era considerada uma força inata ao elemento – utilizada para atacar outros elementos e expressa numericamente pelo número de elementos monovalentes capazes de serem atacados por ele – e a ligação química como sendo o efeito resultante da ação dessa força. Para Butlerov, havia uma relação diferente entre a valência e a ligação química. O elemento possuía uma quantidade de força que produzia o fenômeno químico. Parte dessa força ou sua quantidade total era convertida em outra forma e transformada na ligação ao se formar um composto. A força era sempre expressa por meio de números inteiros e o valor relativo ao hidrogênio constituía o valor mínimo que podia ser assumido por qualquer elemento. Nessa descrição de Butlerov, a valência é

variável, dependendo utilização completa ou incompleta da afinidade do elemento. Ao contrário de Butlerov, Kekulé não aceitava a idéia de que unidades de afinidade podiam ser usadas parcialmente, sustentando sempre o conceito de uma valência fixa para cada elemento.

Valência e fórmulas racionais. No início dos anos 1860, a explosão da quantidade de substâncias orgânicas que se começava a conhecer só era comparável ao crescimento da complexidade delas. As nomenclaturas não davam conta das relações de funcionalidade específicas que havia entre os diferentes grupos de compostos, gerando a necessidade de representações simbólicas. O hexágono de Kekulé, associado ao benzeno foi a primeira representação química isenta de caracteres.

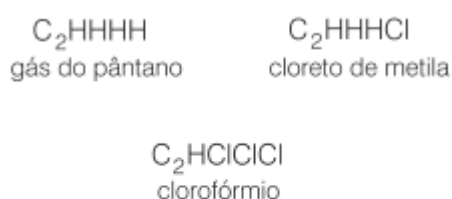


Figura 4: Representações de Kekulé para compostos tipo gás do pântano, utilizando fórmulas empíricas com dois carbonos.

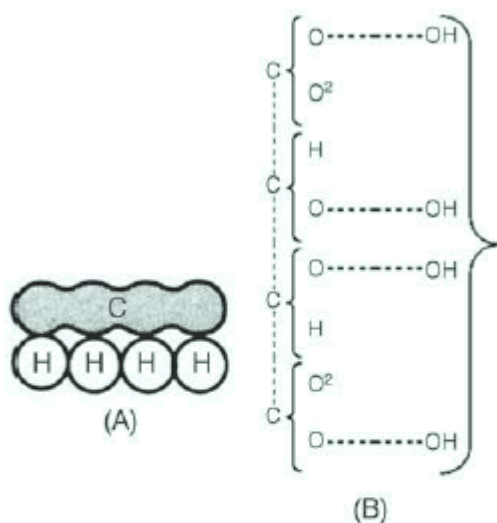


Figura 5: Representações de: (A) Kekulé para o gás metano na forma salsicha (Nye, 1996, p. 130) e (B) Couper para o ácido tartárico (Reprodução do autor a partir do artigo de Couper, 1858).

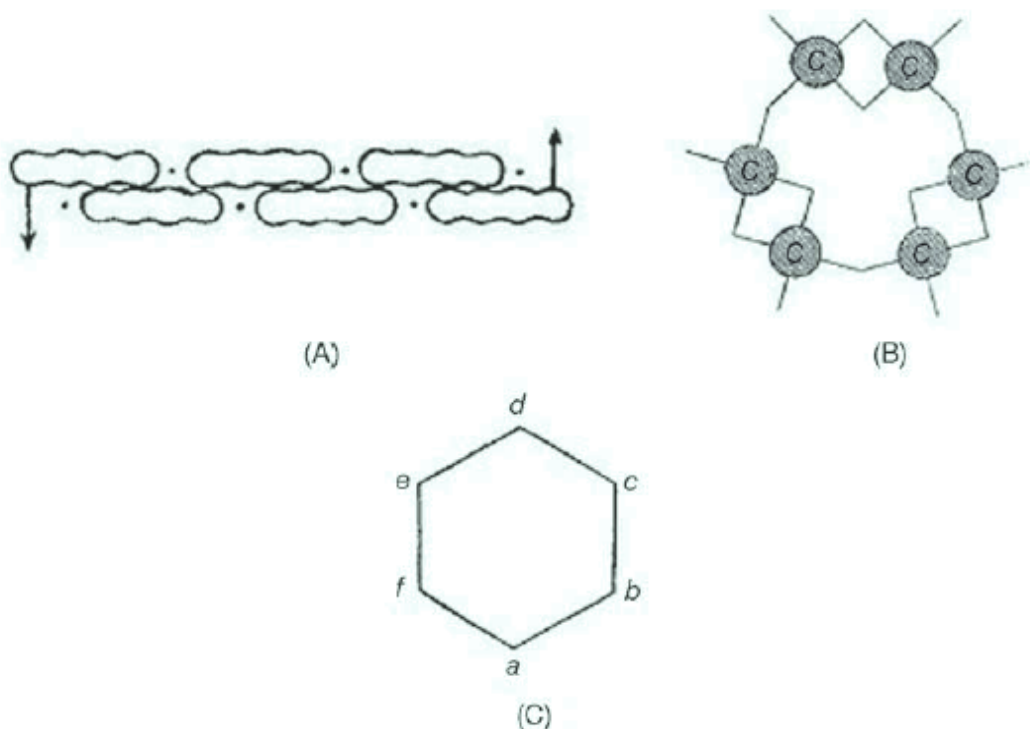


Figura 6: Representações de Kekulé (1866) para aquilo que ele referia como o "Kern" (núcleo) da fórmula racional de tipo C_6A_6 , na qual A pode ser um elemento que possua uma unidade de afinidade a ser satisfeita. Todas as formas acima são encontradas no mesmo livro: (A) forma "salsicha" (p. 496); (B) uma aproximação para a forma de linhas considerando o átomo de carbono (kohlenstoffatom) explicitado e com valências não preenchidas (p. 496); e (C) representações esquemáticas "cíclicas" (p. 514)^a.

O problema da tetravalência do carbono foi resolvido com a suposição da existência de valências duplas alternadas entre os carbonos da estrutura do benzeno (Figura 6B). Entretanto, muitos químicos não estavam dispostos a aceitar a forma do benzeno como um ciclohexatrieno, uma vez que não havia reação de adição para ele nos mesmos moldes de outros compostos insaturados. A presença das valências duplas continuou em aberto.

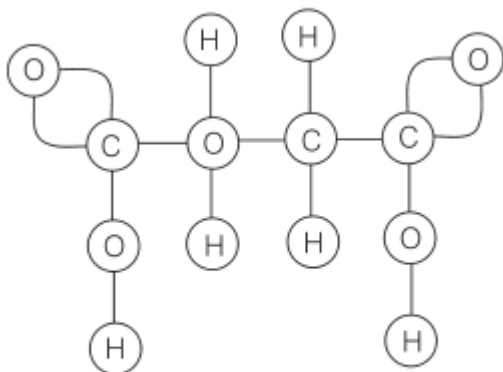


Figura 7: Fórmula constitucional do ácido succínico por Crum Brown (1865, p. 233).

Butlerov definiu o termo estrutura química de diferentes maneiras desde 1861 até 1864: (1) coesão mútua ou maneira de ligação mútua entre os átomos em um composto; (2) a forma como os elementos químicos estão conectados; (3) distribuição da ação de afinidade; (4) ordem da ação química mútua dos vários átomos elementares, resultando na existência de partículas definidas; (5) seqüência de ação mútua – a forma da ligação química mútua dos átomos em uma molécula.

Outra tentativa de oferecer uma forma de representação para o corpo químico foi feita por Josef Loschmidt (1821-1895), denominadas “fórmulas de constituição da química orgânica em representação gráfica”. (Figura 8).

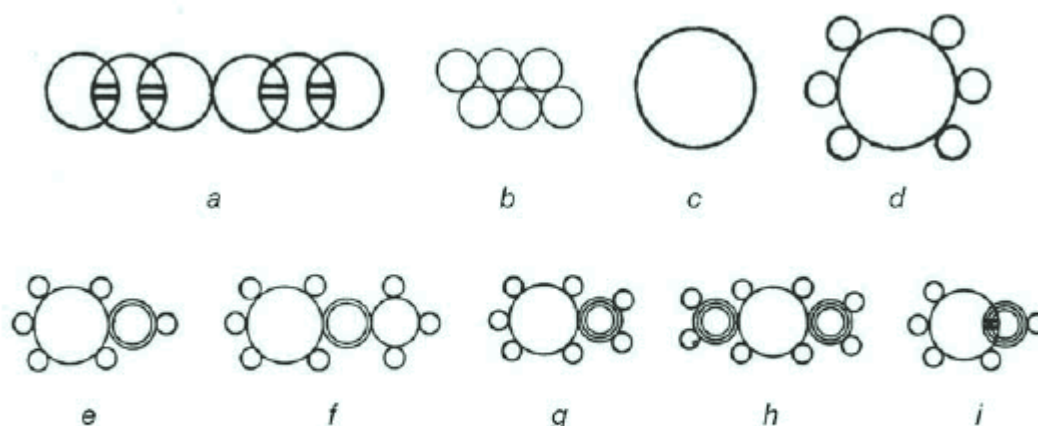


Figura 8: Representações de Loschmidt para diferentes compostos orgânicos: (A) (B) e (C) tentativas de representar o núcleo aromático, (D) Benzeno, (E) fenol, (F) metoxi benzeno, (G) anilina, (H) diaminobenzeno, (I) uma imida (Ihde, 1984, p. 308).

A possibilidade de imprimir um símbolo que tivesse uma espécie de correspondência biunívoca com aquilo que se produzia por meio das reações químicas garantiu poder preditivo e maior confiança nos programas de pesquisa. Albert Ladenburg⁹ (1842-1911) propôs que uma estrutura hexagonal para o benzeno indicaria a existência de dois isômeros de substituição para a posição 1,2 do anel aromático, dependendo de onde estivessem esses substituintes em relação à posição das três duplas alternadas (Figura 9).



Figura 9: Fórmula estrutural plana dos pretensos isômeros aromáticos obtidos por substituição do benzeno nas posições 1,2, que foi refutada por Ladenburg.

Uma vez que tais isômeros não eram conhecidos para nenhum composto aromático dissustituído nas posições 1,2, Ladenburg argumentou que cada átomo de carbono deveria estar ligado a três outros e sugeriu três formas alternativas para as distribuições de valência (Figura 10).

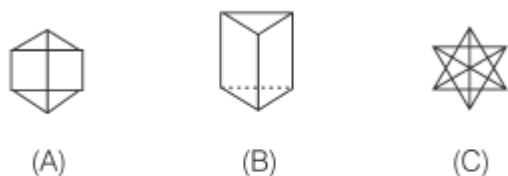


Figura 10: Possibilidades de distribuição das valências dos carbonos na molécula do benzeno, segundo Ladenburg (Ihde, 1984, p. 314).

Segundo as proposições de Kekulé, os átomos na molécula oscilavam em torno de uma situação de equilíbrio, colidindo constantemente com os átomos vizinhos. O número dessas colisões por unidade de tempo era capaz de gerar uma força que tanto mantinha a molécula coesa, quanto era transformada numa valência uniforme para cada átomo de carbono na estrutura.

As questões postas por Kekulé indicavam que as duas estruturas da Figura 11 eram a situação inicial e a final em cada intervalo de tempo proposto para a então chamada *situação de equilíbrio*.

Alguns axiomas podem ser enunciados como a base dessa busca final: (i) a estrutura é cíclica com cada carbono utilizando duas valências com outros dois carbonos contíguos, perfazendo um total de seis carbonos; (ii) a terceira valência de cada carbono é utilizada com um elemento externo a esse anel; (iii) todas as valências dos carbonos nessa estrutura são equivalentes. A situação da quarta valência de cada carbono desse ciclo é explicada da seguinte forma: de um lado, as duplas alternadas de Kekulé e, do outro, as representações com *afinidades livres* de Meyer e seguidores, que introduziu a ideia de que cada carbono possuía uma afinidade livre, as denominadas fórmulas cênicas (Figura 12).

Thiele conduziu uma série de experimentos de adição em compostos de cadeia aberta com as características de duplas alternadas dos anéis aromáticos. Ele verificou que, em compostos como o butadieno, a adição é feita nas posições 1,4, com a transposição da dupla ligação para os carbonos 2,3 (Figura 13).

Para explicar esse efeito, Thiele sugeriu em 1899 que algumas ligações duplas possuem valências não satisfeitas ou uma ligação química potencial. Quando ligações duplas estão em átomos de carbono adjacentes, as valências centrais parciais se tornam ineficazes, e as posições mais externas (1,4) são as mais reativas. Todas as valências parciais são adjacentes no anel do benzeno e por isso são ineficazes. A molécula só participa de processos de adição sob condições extremas.

As relações entre afinidade, valência, ligação química e energia só ficaram um pouco mais claras quando a mecânica quântica estabeleceu qual seria a melhor forma para se entender a essência do quimismo, instituindo relações quantitativas entre energia de formação de uma substância e suas características estruturais. Para chegar a esse estágio, a Química precisou passar pelo caminho sinuoso das teorias fenomenológicas consideradas anteriormente.

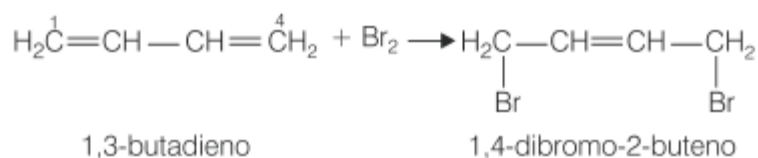


Figura 13: Equação da reação de adição 1,4 do bromo ao butadieno, indicando a transposição da dupla ligação para a posição 2,3.

Valência: uma ideia não concluída. A valência se constitui na permanente, tumultuada, desordenada, controversa e não completada tentativa de entender como a natureza organiza e transforma seus constituintes, referindo-se ao íntimo da atividade química. A unidade de valência não pode ser medida de forma independente, mas somente em relação a uma outra unidade, pois ela é uma grandeza relacional. As controvérsias advindas da representação estrutural demonstram como proposições *ad hoc* são usadas para tentar salvar modelos explicativos que são contrariados por novas evidências empíricas, e de como esse tipo de disputa, ou até a persistência em proposições não contempladas empiricamente, podem ser particularmente fecundas para o progresso de um determinado domínio do conhecimento.

A instabilidade da ideia de valência fixa e a sua disputa com a valência variável proporcionou a criação de ligação química, propriedade versátil, variável, consequência da ação química e entendida como uma causa da valência. A ligação química podia ser formada durante a combinação, pois ela pertencia ao corpo químico, mas era externa ao elemento que participava dele. A parceria entre ligação química e valência foi irreversível, marca do final do século XIX e da criação da teoria estrutural.

Passa-se a ter possibilidade de representar, simbolizar a valência, no entanto, isso tudo só é conseguido por meio do uso de fórmulas empíricas corretas, isto é, precisamos saber quantas e quais são as espécies que participam dessa representação.

As formas de representação e de classificação que foram herdadas da utilização da noção clássica de valência permanecem vivas na atividade do químico e no Ensino de Química. Quando o mundo dos elétrons cobriu o corpo químico com equações e indeterminações, a valência quase ficou reduzida ao lugar onde esses elétrons, os novos protagonistas da ação química, realizam as modificações da matéria. Mesmo assim, a valente valência não perde a pose, seja na Teoria Eletrônica da Valência, na Teoria da Ligação de Valência,

na eletrovalência ou na covalência. Apesar de seu caráter controverso e profundamente atraente, ela permanece no âmago da Química.

3) A representação pictórica de entidades quânticas da Química

Neste artigo, exploramos o significado das representações pictóricas de orbitais atômicos e moleculares apresentadas em textos didáticos de Química. Salientando a existência de diferentes interpretações da teoria quântica, algumas mais realistas, outras mais positivistas, sugerimos que diferentes avaliações do significado das representações pictóricas podem ser adotadas no caso de átomos com um único elétron. Para o caso de átomos multieletrônicos, descrevemos uma recente controvérsia a respeito da observabilidade de orbitais em ligações covalentes.

Afora o modelo atômico de Bohr, a teoria dos orbitais moleculares é o primeiro contato que o aluno de Ensino Médio costuma ter com a Física Quântica. Isso é feito por meio de uma representação pictórica dos orbitais atômicos e moleculares (Figura 1).

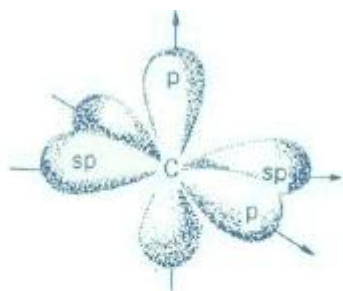


Figura 1: Orbitais híbridos "sp" e orbitais puros "p", responsáveis respectivamente por ligações mais fortes (σ) e mais fracas (π).

A Figura 2, retirada de outro texto do Ensino Médio representa a chamada ligação π envolvendo dois orbitais atômicos p , como ocorre no acetileno. Segundo a explicação dos autores, "o orbital molecular formado consiste de duas nuvens eletrônicas com forma de salsicha" (p. 90), que exprimem a "probabilidade, ou possibilidade relativa, de um elétron se encontrar em um dado lugar dentro do átomo [...]. A intensidade de sombreamento mostra a probabilidade relativa de localizar o elétron" (p. 55).

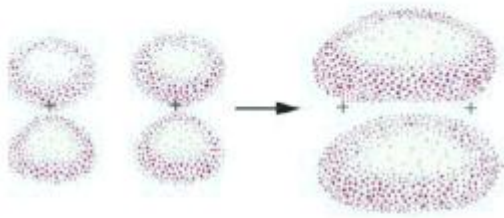


Figura 2: A combinação dos orbitais atômicos p de dois átomos forma o orbital molecular alongado p .

A Figura 3 é uma representação visual dos orbitais p de um átomo de flúor, no qual o sombreamento dos orbitais atende apenas a motivos estéticos.

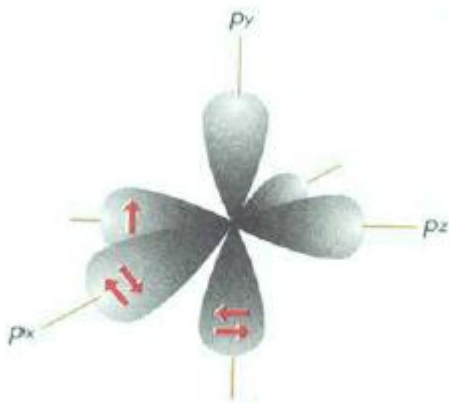


Figura 3: Representação de um átomo isolado de flúor, onde cada setinha representa um elétron com certa orientação de "spin".

Em algumas representações pictóricas, os orbitais atômicos e moleculares são visualizados como algo fluido, homogêneo e suave, como uma nuvem uniforme e contínua. Em outras figuras, a nuvem é composta de pontinhos separados, que representariam os elétrons como partículas.

Elementos de teoria quântica. Uma boa maneira de apresentar a Física Quântica é por meio do experimento da dupla fenda para um elétron único. Nesse experimento de interferência (quer seja de luz ou de elétrons), observam-se franjas na tela detectora (Figura 4a), com máximos e mínimos de intensidade, explicados pela suposição de que há ondas que se superpõem de maneira construtiva ou destrutiva. Se o processo de formação das franjas puder ser acompanhado em detalhe, o que se observa é a formação gradual do padrão pelo acúmulo paulatino de pontos (Figura 4b).

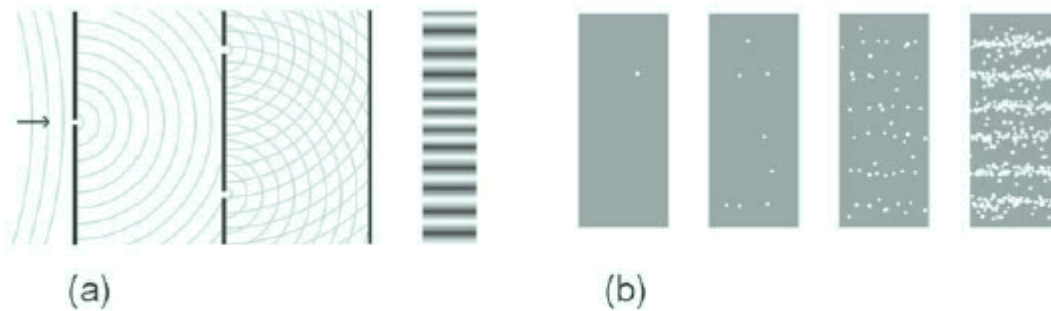


Figura 4: (a) Experimento da fenda dupla, no qual o padrão de interferência sugere uma representação em termos de ondas; (b) formação ponto a ponto do padrão de interferência.

Em outro experimento, um feixe de átomos de prata por um campo magnético não homogêneo, sendo que os átomos são detectados em dois pontos separados e não em um contínuo de pontos como seria de se esperar na Física Clássica (Figura 5a). Quando um átomo é detectado no ponto de cima, diz-se que ele foi medido no estado $|+z\rangle$, e intuitivamente pensa-se em uma setinha apontando para cima, no sentido $+z$, como na Figura 3. Quando o átomo aparece em baixo, diz-se que ele foi medido no estado $|-z\rangle$, e a seta aponta para baixo. Qualquer estado (indicado por uma seta grossa na Figura 5b) pode ser representado como a superposição de *qualquer par* de estados ortogonais (nosso sistema tem dimensão 2; se tivesse dimensão 5, precisaríamos de cinco estados mutuamente ortogonais). Há assim uma espécie de simetria, chamada “simetria de representação”, em que nenhuma base é privilegiada. No entanto, durante o processo de medição, uma dessas bases se torna privilegiada. Na Figura 5, é a base $|+z\rangle, |-z\rangle$. Se exprimirmos o estado do átomo nessa base, fica fácil calcular as probabilidades de se obter os diferentes resultados possíveis (que é $|c_1|^2$ e $|c_2|^2$). Assim, a escolha da base de representação não significa que essa base seja privilegiada no sistema antes da medição, mas é apenas uma estratégia para facilitar os cálculos, exprimindo quais são os “autoestados” associados à medição que será feita.

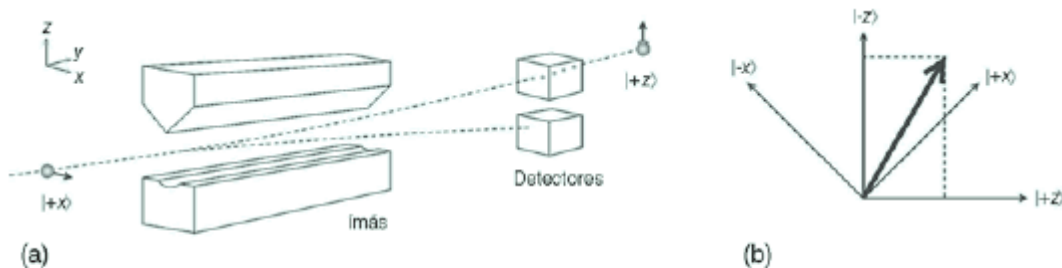


Figura 5: (a) Experimento de Stern-Gerlach; (b) representação vetorial de um estado quântico, expresso a partir de duas bases diferentes.

Interpretações da teoria quântica. As representações pictóricas é que as procuram reproduzir o aspecto visual do objeto, ao passo que as representações matemáticas são mais abstratas. Algumas interpretações foram formuladas no período 1927-32: 1) as interpretações *ondulatórias realistas* (Schrödinger), postulando “colapsos não locais”: uma onda que se espalhasse no espaço poderia subitamente se concentrar em uma região pequena, em torno de um detector, violando a noção de que todo efeito físico se propaga no máximo com a velocidade da luz. 2) *dualista realista* (Broglie), segundo a qual um elétron, por exemplo, seria constituído de uma partícula, que é observada nas medições, e de uma onda associada, responsável por efeitos tipicamente ondulatórios como a “difração” e a “interferência”, mas que admitia a existência de “ondas vazias”, que não carregariam energia e poderiam não ser detectáveis. 3) *positivista*, atribuindo realidade apenas ao que era observado, por exemplo, aos pontos descontínuos deixados pela passagem de uma partícula carregada em um detector chamado “câmara de nuvem”. A teoria quântica falava em uma “função de onda ψ ”, mas para eles essa “onda de probabilidade”. 4) *dualista positivista*, “interpretação de Copenhague”, (Bohr), baseada no conceito de “complementaridade”. Para entender um experimento em Física Quântica, após o seu término, devemos usar ou um quadro corpuscular ou um quadro ondulatório, apesar de nunca ambos simultaneamente.

Vejamos agora como essas quatro interpretações tratam do experimento da dupla fenda para elétron único, ilustrado na Figura 4.

1) A visão *ondulatória realista* dirá que o elétron se propagou como uma onda, o que explica as franjas de interferência. Para explicar porque ele aparece como um ponto na tela detectora, dirá que a onda “sofreu um colapso”, tornando-se pacote de onda muito comprimido.

2) A visão *dualista realista* considera que o ponto na tela é devido à presença ali do corpúsculo do elétron, que seguiu uma trajetória contínua, passando por apenas uma das fendas. Para explicar as franjas de interferência, consideram que a partícula é guiada por uma “onda piloto”, como um surfista que só desliza onde há ondas (e não onde a interferência é destrutiva).

3) Para o *positivismo corpuscular dos coletivos estatísticos*, a teoria quântica só se aplicaria para o diagrama da extrema-direita da Figura 4b (ou para o limite de infinitas detecções) e não para os diagramas que contêm poucos pontos, como os da esquerda. Não faz sentido perguntar o que está acontecendo antes da detecção.

4) O *dualismo positivista* da interpretação de Copenhague considera que o experimento da dupla fenda é um “fenômeno ondulatório”, de forma que podemos associar um quadro mental da Física Ondulatória Clássica para entendê-lo. Nesse quadro, não se coloca a questão por qual fenda passou o elétron, pois isso só deve ser perguntado para fenômenos corpusculares. Se perguntado como, em um quadro ondulatório, pode-se explicar o aparecimento de pontos na tela, Bohr diria que isso se deve a um princípio ainda mais

fundamental da teoria quântica, o chamado “postulado quântico” de Max Planck.

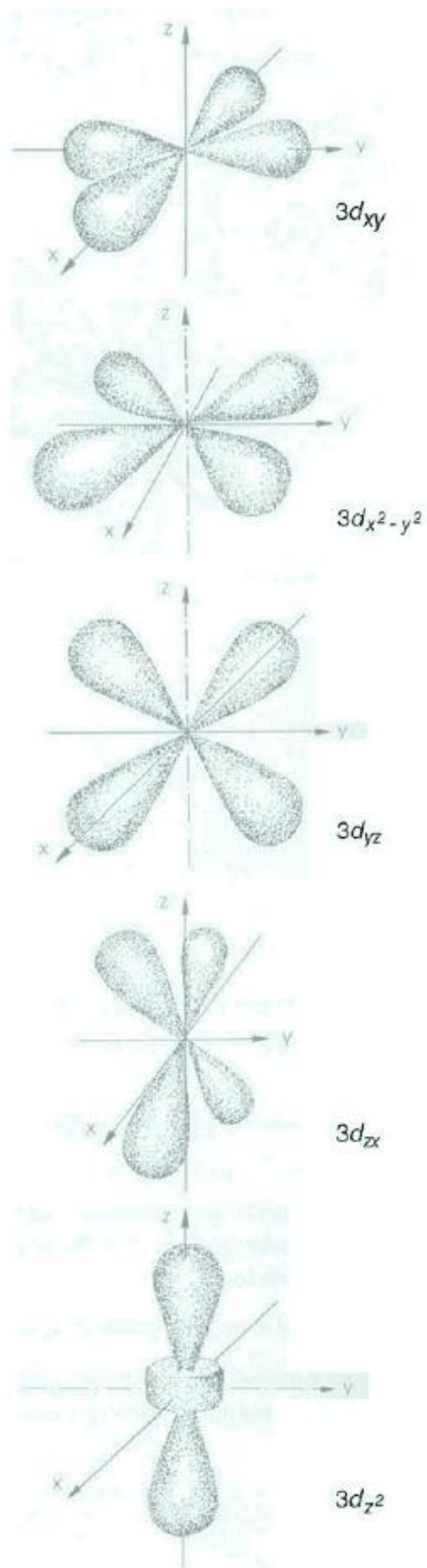


Figura 6: Orbitais $3d$, segundo a representação em textos didáticos de Química, feita a partir das distribuições angulares.

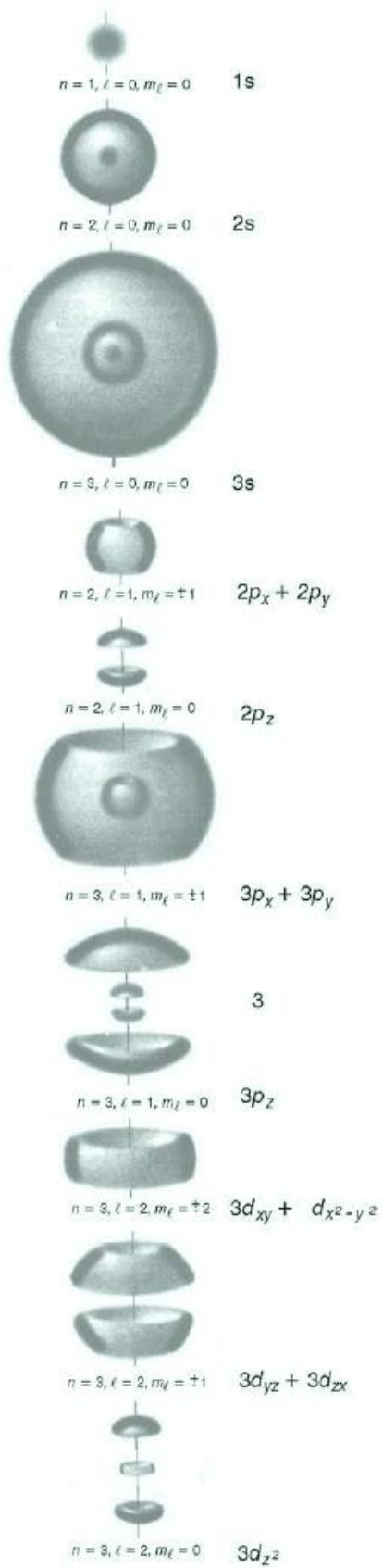


Figura 7: Representação visual dos estados estacionários do elétron em um átomo de hidrogênio.

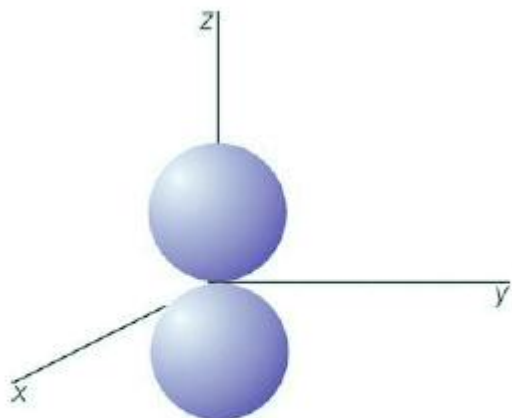


Figura 8: Distribuição angular da função de onda do orbital p_z , com forma de "halteres".

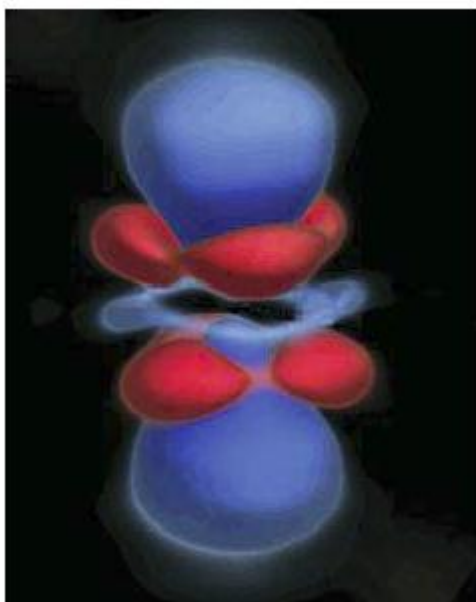


Figura 9: Mapa de densidade eletrônica em Cu_2O , segundo Zuo e col. (1999).
Fonte: Arizona State University, Tempe.

A recente controvérsia sobre a observação de orbitais. A obtenção de imagens de alta resolução da densidade eletrônica de um átomo de cobre em um cristal de cuprita Cu_2O , combinando informação obtida por difração de raios X e por difração de feixe convergente de elétrons, trouxe novas questões sobre os orbitais. (Figura 9): (i) O termo “orbital” designa uma *função de onda* que, segundo as interpretações ortodoxas da teoria quântica, é apenas uma construção matemática, não podendo ser observada. O que pode ser observado é a densidade eletrônica que, segundo a teoria quântica, corresponde a $|\psi|^2$. (ii) Orbitais atômicos como d_{z^2} , rigorosamente falando, são estados de um único elétron sem interação com outros elétrons. Em átomos de muitos elétrons, estes se tornam correlacionados, e não se pode atribuir um estado separado para cada elétron. No entanto, para esses sistemas, existem um método de aproximação, o de Hartree-Fock, que supõe que os elétrons ocupam orbitais bem definidos, para em seguida calcular as correções introduzidas pelos outros elétrons. Assim, a noção de orbital atômico pode ser útil em métodos aproximativos, mas a rigor eles não correspondem a algo na realidade.

Conclusões. O conceito de “orbital” é proveniente da teoria quântica, podendo ser interpretado de diferentes maneiras, tanto realistas quanto positivistas. No entanto, mesmo dentro de uma epistemologia objetivista, devemos reconhecer que há questões científicas gerais que não estão sujeitas ao teste experimental. A decisão depende das interpretações do cientista diante das situações. Ainda há, nos Fundamentos da Mecânica Quântica, um grande problema conceitual em aberto, que envolve a noção de “não localidade” que ocorre para pares de partículas correlacionadas.

4) Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação

Neste trabalho, apresentamos uma discussão a respeito dos processos de significação de representações químicas na sala de aula a partir da contribuição da teoria semiótica de Peirce. Também neste trabalho discutimos a contribuição das representações computacionais nos processos de significação na sala de aula de Química. Com esta reflexão, queremos amparar o desenvolvimento de ambientes virtuais de Ensino de Química em base teórica que nos permita conjugar aspectos epistemológicos da Química com os fundamentos da teoria dos signos na direção de problematizar a produção de significados na sala de aula.

Utilizar as simbologias apropriadamente através do séculos, constituiu uma parte significativa do conhecimento químico que é uma ciência que trata da matéria submicroscópica ou nanoscópica.

Embora seja muito importante o uso desta simbologia, é frequente a dificuldade que boa parte dos estudantes tem sobre a compreensão e o uso desses símbolos.

No sentido de melhor compreender as relações da simbologia com as faladas nas salas de aula de Química, descreveremos as bases da teoria semiótica de Charles Peirce. Esta teoria trata do que é importante para a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem.

Charles Sanders Peirce (1839-1914) é considerado o mais importante dos fundadores da moderna teoria geral da semiótica.

Por influência de seu pai, Benjamin Peirce, distinto professor de matemática da Universidade de Harvard e considerado o mais importante matemático norte-americano, bacharelou-se em Física e Matemática em Harvard em 1859 e se graduou em Química com a qualificação. Além da Química tinha interesse em outras áreas, como Matemática, Física, Astronomia, Biologia, Economia, Geofísica etc.

A Semiótica é a ciência dos processos significativos (semiose), dos signos lingüísticos e das linguagens. Estes processos significativos são mediados pela materialidade da palavra grafada ou falada, de símbolos escritos, gestuais ou naturais.

Além de ser necessário que haja uma veiculação material do signo, é necessário também que este seja percebido e compreendido por um ser vivo.

A teoria semiótica de Peirce propõe que o conhecimento humano pode ser representado por uma tríade: signo, objeto e interpretante.

A mediação é a principal característica dos signos, pois eles se colocam entre o sujeito e o mundo tanto para organizar atividades de produção material e simbólica, quanto para estruturar o pensamento.

Cada signo cria um interpretante que, por sua vez, é *representamen* de um novo signo, de forma que a semiose resulta numa série de interpretantes sucessivos, *ad infinitum*.

Como cada pensamento tem de dirigir-se a um outro, o processo contínuo de semiose (ou pensamento) só poderia ser interrompido, mas nunca realmente finalizado.

Os signos podem ser classificados em três possíveis grupos: signo em si mesmo ou primeiridade; sua relação com seus objetos ou secundidade; sua relação com seus interpretantes ou terceiridade.

Considerando as relações do signo com seu objeto, existem três tipos de signo: ícone, índice e símbolo.

Os signos que têm o poder de significação por ostentar alguma semelhança com o seu objeto, semelhança essa visual ou de propriedades, são chamados de ícones.

Os signos que promovem significação em virtude de uma ligação física direta com o objeto, indicando sua existência, são chamados de índices.

Os signos que são associados aos seus objetos em virtude de uma lei ou convenção são chamados de símbolos.

Fora de seus contextos, toda forma de referência verbal na sala de aula, tomando cada palavra separadamente, é simbólica. Isso porque são utilizadas palavras como meio de referência aos objetos de conhecimento, a menos que o professor tenha diante de si o laboratório químico ou o quadro negro, pois dessa forma poderá apontar para objetos ou utilizar diferentes formas de grafia para promover significação de qualidade indicial. Idealmente, se considerarmos apenas o âmbito de significados da língua portuguesa, toda forma de referência falada, fora de seus contextos, é simbólica, uma vez que os estudantes certamente compreenderão isoladamente quase todas as palavras que forem faladas.

Uma dificuldade frequente dos estudantes nas aulas de Química é a de não entenderem o que o professor está dizendo. Quando profissionais da Química se comunicam entre si, quase sempre não há necessidade de se explicitar se as referências são feitas no nível macroscópico, submicroscópico ou simbólico, pois estes operam apropriadamente entre todos os níveis. As referências a cada uma das dimensões do conhecimento são plenamente compreendidas pelos interlocutores uma vez que conseguem transitar amplamente por todas elas. Já os estudantes geralmente sentem dificuldade de entender a qual dimensão do conhecimento os profissionais se referem quando é necessário transitar entre elas.

Quando os professores se referem à dimensão macroscópica do conhecimento, na maior parte das vezes, as palavras promovem seus significados por indicar a existência de algo e, em alguns casos, elas o fazem a partir dos construtos existentes na mente dos estudantes.

Essa propriedade da referência icônica nos coloca, ao mesmo tempo, uma limitação e um potencial para lidarmos com o conhecimento científico, uma vez que figuras, gráficos e esquemas se tornam universais justamente em função de sua múltipla capacidade de referência. Se a multiplicidade de referência abre um foco de disputa na negociação de significados, ela também nos faz lançar mão de outras formas de representação, com qualidades indicial e simbólica, para exatamente selecionar uma propriedade em particular, colocando em movimento os três motores da significação. Ou seja, nas situações de ensino, a relação de semelhança entre o ícone e o objeto é fonte de disputa entre o conjunto de critérios adotados pelo professor, que é apoiado no conhecimento oficial, e o conjunto de critérios adotados pelos estudantes.

Existe caráter simbólico quando se trabalha com a dimensão submicroscópica, já que na situação de sala de aula observa-se um esforço por parte dos professores para fazer referência a construtos formados nas mentes dos estudantes. Podemos citar como exemplo de representação, com qualidade simbólica, quando o professor, em uma aula sobre os estados físicos da

matéria, procura exemplificar a proximidade relativa dos átomos no estado de agregação sólido da matéria. O professor pode evocar oralmente como exemplo um recipiente contendo pequenas esferas (experimento de pensamento), de forma a exemplificar a pouca movimentação relativa entre os átomos comparada aos outros estados de agregação da matéria.

O caráter indicial em representações da dimensão submicroscópica do conhecimento químico deve ser explorado com cautela na sala de aula. Isso porque as representações dessa dimensão do conhecimento químico não apontam (pelo menos não deveriam apontar) diretamente para nenhum objeto conhecido no mundo real dos estudantes ou de qualquer ser humano. Ao contrário, o objeto teórico do mundo no nível molecular deverá ser construído ao longo do curso de Química, a partir de propriedades e conceitos que vão sendo aos poucos adicionados aos já existentes. Dessa forma, existe uma inconsistência conceitual caso a utilização de objetos moleculares concretos ou virtuais aponte diretamente para objetos concretos do mundo sensível à percepção humana.

A referência indicial também está presente nesse exemplo de resolução de exercícios, quando se representam grandezas por meio de letras ou símbolos especiais. Quando o professor estabelece em uma aula que a letra 'M' maiúscula se refere à concentração molar, ao terminar de efetuar o cálculo da concentração junto com os estudantes e escrever o valor final da concentração na forma ' $M = 2,0 \text{ mol/L}$ ', o pensamento do estudante será levado de volta ao significado inicial da letra 'M', no caso concentração molar. Apesar de durante a resolução algébrica do exercício o pensamento dos estudantes provavelmente estar voltado para o algoritmo de resolução em um determinado momento, geralmente ao final da resolução, seu pensamento será levado ao significado do cálculo dentro do contexto da Química. Essas letras ou símbolos recebem seus significados porque estão simplesmente indicando a existência das grandezas, o que configura a significação de qualidade indicial.

O desenvolvimento do computador tem influenciado fortemente seu uso na escola, de forma que a miniaturização pode ser considerada como um dos fatores que possibilitaram a popularização dessa tecnologia ao permitir o acesso dos usuários domésticos ao processamento e armazenamento massivo de informação no computador de mesa. Além disso, os efeitos produzidos pelas interfaces gráficas vêm sendo aprimorados desde a criação de ambiente de janelas. Com isso, a comunicação entre usuário e computador é feita por meio de ícones, e a execução dos aplicativos não exige conhecimento de programação por parte do aluno (Giordan, 2005).

Quando se utiliza o computador, o caráter icônico das representações nessa dimensão do conhecimento químico passa a ter potencial de uso benéfico ao ensino. O próprio fenômeno a ser estudado pode ser representado em uma animação sem a necessidade de os estudantes o vivenciarem em laboratório. Em alguns casos, isso é necessário devido à periculosidade do fenômeno, como no caso das transformações químicas que ocorrem em vulcões em erupção.


Com isso, o caráter icônico estará presente de forma a tornar mais claro um experimento de pensamento que não foi vivenciado pelo estudante. Quando o experimento de pensamento é apenas narrado como, por exemplo, as mudanças de fase da água, este pode ser imaginado em alguns casos, uma vez que o estudante conhece pelo menos a maior parte dos seus componentes como cubos de gelo, água na forma líquida e vapor d'água. Em outros casos, o experimento pode não ser tão facilmente imaginável, como no caso de fenômenos de transmutação nuclear que ocorrem em reatores atômicos.

Ao se utilizar uma animação, a imaginação é auxiliada pela visualização gráfica. Além disso, o foco de visualização do estudante pode ser direcionado corretamente para as propriedades e suas representações correspondentes como, por exemplo, a estabilização da temperatura durante mudanças de fase e a forma gráfica da representação equivalente. A utilização de recursos computacionais para visualização de representações dessa dimensão do conhecimento químico possibilita a visualização de características importantes, do ponto de vista do conhecimento químico, de fenômenos de difícil visualização direta.

Em cada dimensão do conhecimento químico prevalecem determinadas qualidades semióticas de significação. No nível macroscópico do conhecimento químico, prevalecem as relações indiciais e simbólicas. No nível submicroscópico, são encontradas predominantemente as relações icônicas e simbólicas de significação. No nível simbólico do conhecimento químico, no entanto, são encontradas todas as qualidades de significação semiótica, ou seja, indiciais, icônicas e simbólicas. Com isso, a dimensão simbólica do conhecimento químico certamente oferece maior dificuldade de compreensão dentro do que atualmente é proposto como conhecimento químico oficialmente aceito.

Discutir a contribuição das representações computacionais nos processos de significação na sala de aula de Química, amplia as possibilidades de representação das dimensões do conhecimento químico atualmente veiculadas por intermédio dos computadores permitem visualizar fenômenos de difícil acesso ou mesmo de fenômenos que não poderiam ser visualizados de outra maneira. Além disso, com o uso do computador, é possível visualizar de forma dinâmica e integrada as representações pertinentes a cada dimensão do conhecimento químico, o que possibilita uma compreensão holística das representações e dos conceitos associados.

Tabela 1: A tabela relaciona, por meio do exemplo de duas diferentes representações de uma molécula de butano (primeira linha), o tipo da representação (segunda linha), a dimensão do conhecimento químico associado (terceira linha) e a qualidade semiótica da significação (quarta linha).

Representação	Categoria		
	Tipo de representação química	Dimensão do conhecimento químico	Qualidade Semiótica
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	Fórmula estrutural condensada	Simbólica	Simbólica
	Objeto molecular virtual tridimensional	Submicroscópica	Ícônica

11. ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução à química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

CAPÍTULO 1 – AMOSTRAGEM

Os autores citam a importância das amostragens em toda análise química feita dos materiais do ambiente.

As análises ambientais são necessárias quando temos uma suspeita e precisamos de mais instrumentos ou de um monitoramento para confirmação e a resolução do problema ambiental. Exemplos: efluentes lançados pelas indústrias, estão dentro das normas estabelecidas pela agência de controle ambiental para os mananciais?

O padrão de monóxido de carbono lançado no ar de São Paulo está acima do aceitável?

Para ter respostas sobre estas perguntas são necessárias as análises químicas.

É claro que seria ideal as análises serem feitas através de aparelhos de detecção simples, como por exemplo, os medidores de pH que é só serem introduzidos nos rios, para detectar a acidez das águas.

Infelizmente para algumas análises são necessários vários testes com transformações químicas, métodos técnicos analíticos, passando antes por uma purificação. Esses processos são para que a amostra retrate o mais próximo possível o meio de onde foram retirados. Por exemplo, a medição do oxigênio na água.

Quando o método é pouco sensível e a amostra a ser estudada tem baixa concentração, é necessário um método de pré-concentração.

Nas condições de uma boa amostragem, é preciso tomar os seguintes cuidados:

- Detectar os problemas com históricos mais completos possíveis;

- Planejamento da amostra, que deve ser decidido levando em conta:
 - Local da amostragem
 - Sua frequência
 - Quantidade de amostra ideal
- Quanto ao tempo de armazenagem é preciso levar em conta:
 - Estado físico
 - Grau de heterogeneidade e estratificação
 - Condições meteorológicas
 - Exatidão da análise
 - Disponibilidade de equipamentos e recursos humanos
 - Logística
 - Concentração do analito de interesse
 - Planificação
 - Custos sobre o valor agregado na amostra
- O tipo de material de fabricação dos frascos utilizados para coletar e guardar amostra
- Onde serão estocadas, se em geladeira ou freezer
- Dentro de frasco escuro
- O tipo e quantidade do preservante a ser adicionado.

O monitoramento ambiental tem normas rígidas a serem seguidas, normatizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para que possam ser comparadas com padrões previamente estabelecidos. Em estudos ambientais o mesmo não acontece, portanto é preciso usar o bom senso.

Aqui temos como coletar as amostras líquidas, que em geral acontecem em corpos d'água. Pode ser utilizando-se garrafas de vidro, plásticos ou metal, dependendo do que será analisado. O cuidado a ser tomado para essa coleta é de não perturbar a água de forma significativa. A coleta às vezes deve ser feita em diferentes profundidades.

Os efluentes que são dejetos líquidos domésticos principalmente, mas podem ser de qualquer edificação que dispõem de instalações de banheiros, lavanderias e cozinhas e os industriais, respeitados os padrões de lançamento. As amostras dos efluentes podem ser simples ou compostas (são porções de diversas amostras diferentes). Para diminuir os efeitos da variação das amostras individuais, no caso de serem compostas, elas podem ser coletadas de tempo em tempo, dependendo dos parâmetros físico-químicos dos efluentes, ou em função das chuvas.

Os poços de monitoramento são utilizados quando é necessária a coleta de água subterrânea, e são perfurações pequenas, seguindo rigorosamente as normas ABNT e Cetesb 6410/88 para São Paulo.

Nesses poços são feitos dois tipos de análises:

- As que precisam ser feitas com monitores portáteis; por exemplo:
 - Potencial hidrogeniônico (pH);
 - Potencial redox (Eh);
 - Condutividade elétrica;
 - Medir oxigênio dissolvido;
 - Temperatura.

- As executadas em laboratório através da coleta de amostra, por exemplo:
 - Metais potencialmente tóxicos;
 - Hidrocarbonetos poliaromáticos etc.

Mas antes da coleta é necessário fazer o que os autores chamam de purga do poço, para retirar a água estagnada para poder chegar ao lençol freático. Para a purga são necessários equipamentos especiais para evitar a contaminação da amostra como:

- Bailer
- Bombas elétricas
- Bombas pneumáticas
- Bombas peristálticas etc.

As coletas de amostras de sólidos requerem um tratamento especial, pois na maioria das situações o material é pouco homogêneo. Às vezes os sólidos são coletados em locais diferentes, sendo todo o material recolhido e homogeneizado, após esta mistura é recolhida uma amostra para sofrer uma análise química. Para retiradas das amostras, às vezes são necessários equipamentos específicos para cortar o solo. Essa análise pode ser para:

- Na Análise de fertilidade, a coleta e a análise de solo agricultável são feitas para as correções adequadas, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuárias (EMBRAPA). Nesse caso a coleta deve seguir o seguinte protocolo:
 - Dividir a propriedade em áreas de 10 hectares para retirada de amostras. Essas áreas devem ser uniformes quanto à cor, topografia e textura, e quanto às adubações e calagens que receberam.
 - As amostras devem ser retiradas de no máximo 20 cm de profundidade. Limpas, sem folhas ou outros detritos e em 10 a 20 pontos diferentes em zigue-zague, muito bem misturadas e finalmente tirados uns 500g para serem enviados para o laboratório.
 - Não retirar amostra próxima a residências, galpões, estradas, formigueiros, depósitos de fertilizantes etc. Não retirar amostra de solo encharcado.
- A análise para estudo de perfil, que os procedimentos são iguais aos de fertilização, é necessário para, por exemplo:
 - Conhecer se o local da implantação de uma indústria está poluído, pois caso seja detectado no futuro um problema, saber se foi ou não causado pela indústria;
 - Para conhecer rotas de aporte, mobilidade, acúmulos e destinação de espécies nutrientes e/ou contaminantes;
 - Determinar o teor de matéria orgânica;
 - A distribuição de mercúrio no solo.
- Sedimentos nestes termos, partículas de tamanhos, formas e composições químicas diferentes, depositadas no fundo de lagos, rios e oceanos. Esses sedimentos são classificados pelas suas origens geográficas, geológicas, geoquímica e propriedades físico-químicas, como cor, textura, granulometria, estrutura, conteúdo de matéria orgânica etc. Sedimentos são grandes indicadores de contaminantes nos lagos e rios, podem apresentar, por exemplo, metais que podem se solubilizar posteriormente pela ação

de micro-organismos. Eles podem ser depósitos de poluentes mesmo depois das fontes contaminantes terem sido controladas ou eliminadas. Quando queremos saber o histórico de um sedimento é necessário coletar várias camadas, usando vários instrumentos disponíveis no mercado.

Nos sedimentos também podemos, com análise isotópica saber quando ele foi formado.

Para descobrirmos a qualidade de água doce no Brasil uma boa opção é o Projeto Qualised (financiado pela Fapesp).

- Minérios são extraídos na forma de fragmentos grosseiros de diferentes tamanhos e composições variáveis. Portanto eles são também coletados de diversos lugares e misturados para se tirar uma amostra mais confiável.
- A amostragem de ligas metálicas, como pode se apresentar as mais diferentes situações, e sua composição pode variar em diferentes partes da peça, devem ser tiradas das mais diversas superfícies e profundidades.
- Grãos e produção em quantidade grande só são possíveis se houver um bom controle de qualidade. Após a colheita e antes da armazenagem, as coletas de amostras são feitas para detectar umidade, impurezas e sua classificação. Durante o armazenamento e antes da comercialização a análise é feita para verificar a ocorrência de insetos, roedores, deterioração e o teor de umidade. Antes da comercialização a análise é feita para verificar possíveis resíduos tóxicos. Um aparelho amostrador/homogeneizador de amostras facilita o serviço e aumentar a homogeneização das mesmas. Quando a amostragem é de cargas a granel, as amostras devem ser colhidas usando-se calcadores do tipo duplo, sonda ou pneumáticos, e é necessário que as amostras sejam tiradas de lugares e profundidades diferentes.

As coletas de gás no ambiente têm como matriz a atmosfera, por isso a amostra é homogênea apesar de diluída. Durante a coleta da amostra é necessário conhecer as condições ambientais, já que a pressão, temperatura, vento e chuva podem influenciar nas propriedades e composição da atmosfera. Quando a análise for de uma pequena amostra, o método químico de ser sensível o suficiente para indicar o analito no volume de ar coletado. Nos ambientes industriais, a análise pode ser feita em pequenos tubos contendo reagentes que mudam de cor na presença de um poluente específico e com intensidade de cor associada a intervalos de concentração. Às vezes o ar atmosférico é muito diluído, portanto antes da análise é necessário uma pré-concentração. Um bom exemplo é fazer com que um grande volume de ar passe através ou sobre um meio sólido ou líquido com capacidade de reter a espécie de interesse.

Já para a análise de outros gases, que não o atmosférico é importante conhecer suas propriedades químicas ou físicas.

Os particulados atmosféricos podem ser divididos em dois grupos distintos:

- Partículas menores que 10 μm são consideradas partículas em suspensão, pois são pequenas e flutuam pelo ar, afetam o microclima e são perigosas à saúde das pessoas.
- Partículas com diâmetro médio maior que 10 μm são consideradas partículas sedimentáveis que, devido ao tamanho, depositam-se próximo à fonte de emissão e o impacto a saúde é pequeno, com exceção dos compostos de substâncias tóxicas perigosas.

O método mais simples de coletas dessas partículas é o mecanismo de filtração. Com o ar sendo aspirado por bombas de sucção, e a escolha do filtro depende da finalidade da coleta.

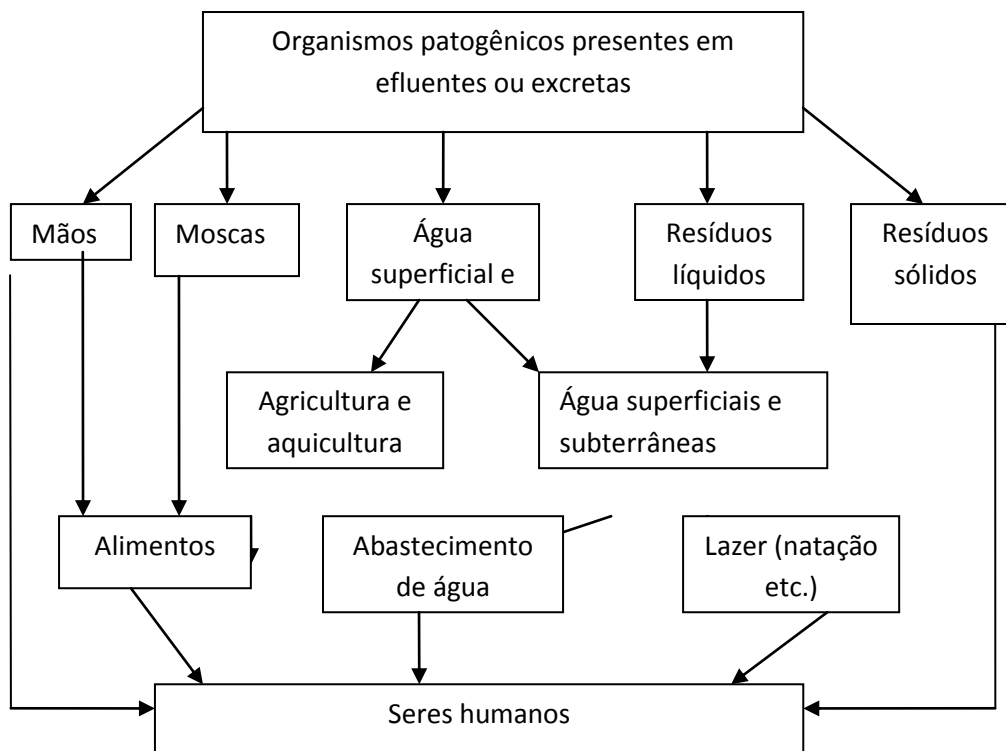
CAPÍTULO 2 – RECURSOS HÍDRICOS.

Nesse capítulo, os autores traçam um paralelo sobre como era o saneamento básico na Antiguidade e os problemas causados pela falta de saneamento.

O saneamento na antiguidade era uma coisa precária e alarmante, por isso a existência de tantas pestes que dizimavam muitos povos.

As calamidades públicas surgidas pela falta de saneamento básico levaram cientistas a concentrar esforços para combater as causas das diferentes doenças

No esquema abaixo vemos um esquema sobre as principais rotas de transmissão de doenças.



Algumas doenças infecciosas de vinculação hídricas eram:

CATEGORIA	EXEMPLO	TRANSMISSÃO	PREVENÇÃO
Suporte na água	Cólera e febre tifoide	Por meio do sistema de distribuição	Desinfecção adequada e não utilização de fontes opcionais não tratadas.
Associadas à higiene	Sarna, infecção ocular e diarreia	Causadas por falta de água suficiente para um consumo adequado	Provisão de qualidade suficiente para banhos e limpezas gerais
Contato com a água	Esquistossomose	Transmitidas por invertebrados aquáticos. As larvas penetram por ingestão ou contato com a pele	Aplicação de água potável, conscientização de grupos de riscos, educação sanitária etc.
Associadas a vetores	Malária, febre amarela e dengue.	Transmitidas por organismos patogênicos, por intermédio de insetos.	Aplicação de inseticidas, evitar acúmulo de água em recipientes abertos, drenar áreas inundadas e evitar saturação de áreas agrícolas.

Em 1968 foi criada a Carta da terra pelo Conselho da Europa que tem os seguintes princípios básicos:

- ❖ Os recursos hídricos não são inesgotáveis, sendo necessário preservá-los, controlá-los e, se possível, aumentá-los.
- ❖ A água é um patrimônio comum, cujo valor deve ser reconhecido por todos.
- ❖ Cada um tem o dever de economizar água e de utilizá-la com cuidado.

- ❖ Deteriorar a qualidade da água é prejudicar a vida do homem e dos outros seres vivos que dela dependem.

Em 1972 a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, reunida em Estocolmo, cita, em seu Princípio que: “Os recursos naturais da Terra, inclusos o ar, a água, a terra, a flora e a fauna, e especialmente as amostras representativas dos ecossistemas naturais devem ser preservados, em benefício das gerações presente e futura, mediante uma cuidadosa planificação ou regulamentação segundo seja mais conveniente”.

Em resumo, a partir dessas Conferências o mundo começou a perceber que: “A integração das questões ambientais, do desenvolvimento e uma maior atenção a elas dedicada conduzirão à satisfação das necessidades básicas, a uma qualidade de vida digna, a uma conservação e manejo mais adequado dos ecossistemas e a um futuro mais seguro e promissor para todos”.

A OMS (Organização Mundial de Saúde) atualmente considera que são necessários, no mínimo, 50 litros de água para um indivíduo suprir suas necessidades básicas diárias: cinco litros para ingestão direta, 20 para higiene e saneamento, 15 para banho e 10 para preparação de alimentos. Uma das metas da entidade é diminuir de 2,7 bilhões para 1,1 bilhões de pessoas que não contam com água potável e saneamento. No Brasil a população gasta, em média, cinco vezes mais água que o volume indicado como suficiente pela OMS.

Mas um dos principais problemas que o Brasil enfrenta, diz respeito à contaminação por efluentes domésticos. O rio Tietê é um exemplo clássico de recurso hídrico altamente contaminado, não apenas por efluentes domésticos, mas também por alta carga orgânica industrial. O trecho de maior vazão de efluente, a Região Metropolitana tem cerca de 100 km, a vazão média é de 82 metros cúbico por segundo, dos quais 40% são esgotos não tratados. Segundo os órgãos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico que monitoram e controlam a emissão de gases, tratamento de efluentes domésticos e industriais, compostagem, coleta seletiva/reciclagem, destinação de resíduos sólidos, remediação de solos contaminados, energia limpa etc., e a OMS, dizem que para cada US\$ 1 investido em saneamento básico são economizados cerca de US\$ 4 em tratamentos de saúde. Para isto é necessário uma Educação Ambiental.

Os ciclos da água têm três grandes reservatórios, hidrosfera, atmosferas e litosfera e esses reservatórios permutam matéria/energia importantíssimos para a autorregulação da biosfera, mantendo um intercâmbio equilibrado entre o meio físico (abiótico) e o biológico (biótico), esse intercâmbio é chamado de ciclo que é quem garante os nutrientes, para garantir o escoamento lento e regularizado da água.

O ciclo da água está ligado ao ciclo energético terrestre, distribuição de energia solar. Por processos de evaporação, essa energia é responsável pelo transporte da água da hidrosfera e litosfera para a atmosfera. A tabela abaixo apresenta algumas das mais importantes propriedades da água e suas respectivas funções no transporte de espécies entre a litosfera, hidrosfera e atmosfera, durante o ciclo da água.

PROPRIEDADES	FUNÇÕES
Ótimo solvente	Transporte de nutrientes possibilitando processos biológicos no meio aquoso.
Constante dielétrica maior que outros líquidos	Controle de fatores fisiológicos e de fenômenos de superfície em gotas
Transparência em comprimento de onda nas regiões do visível e em parte do ultravioleta	É incolor e permite incidência de luz necessária para a ocorrência de processos fotossintéticos abaixo da superfície dos corpos d'água.
Densidade máxima com líquido a 4°C	Flutuação do gelo e circulação vertical de nutrientes na coluna d'água.
Alto calor de evaporação	Controla a transferência de espécies
Alto calor latente de fusão	Estabilidade de temperatura no ponto de congelamento
Alta capacidade calorífica	Estabilização da temperatura de organismos vivos

Assim como ocorreu com o petróleo no passado acredita-se que a água limpa e própria para o consumo humano também será alvo de disputa dentro de alguns anos.

A poluição é a alteração de alguma qualidade ambiental a qual a comunidade exposta é incapaz de neutralizar os efeitos negativos, sendo algum tipo de risco identificado. Porém nem todos os problemas relacionados com a qualidade da água são devido a impactos causados pela atividade humana. Uma classificação das fontes de poluição pode ser:

- Fontes pontuais: redes de efluentes domésticos e industriais, derramamentos acidentais, atividades de mineração etc.
- Fontes não pontuais: práticas agrícolas, deposições atmosféricas, trabalhos de construção, enxurradas em solos etc.
- Fontes lineares: enxurradas em auto estradas.

As emissões podem ser:

- Emissões contínuas caracterizadas por serem constantes e por um longo período.
- De emissão descontínuas que apresentam, com o tempo, variações no volume e na concentração e podem ser:
 - De picos que são caracterizadas por grandes descargas em pouco tempo, e a altura do pico pode variar muito.
 - De blocos, que são caracterizadas por fluxo relativamente constante por determinados períodos, mas com intervalos regulares de emissão praticamente zero.

A quantidade exata por meio das quais os poluentes podem atingir os sistemas aquáticos é muito grande, mas, por simplicidade e conveniência, elas podem ser separadas em duas categorias, urbanização/industrialização e agricultura/floresta.

A poluição dos setores urbanos e industriais pode ser:

- Pela matéria orgânica, este problema aconteceu com a construção de efluentes sanitários que seriam descarregados diretamente nos rios. Na época começou também a descarga de poucos efluentes industriais que quando tratados podem servir como alimento para flora e fauna. Essas matérias orgânicas são comidas por bactérias que se multiplicam rapidamente. Além do que com a descarga dos efluentes há um consumo de oxigênio como resultado de uma atividade biológica ou bioquímica. Esse consumo é chamado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que depende do número de bactérias criadas, ou seja, depende da descarga de efluentes descarregados nos rios. O DBO pode medir a carga poluidora dos efluentes domésticos, e se dividida por 54 indica o equivalente populacional do esgoto, e pode também prever o impacto de uma indústria construída na beira de um rio. A média dissolvida para um rio limpo é de 6 mg/L, o que significa que são necessários 9 mil litros de água para decompor os dejetos de uma pessoa para não poluir o rio.
- Por resíduos industriais não biodegradáveis, com os adventos dos produtos químicos, se tornando em setores como agricultura, indústria, doméstica, têxteis, transporte e saúde importantes e melhorando o padrão de vida no mundo. Veio o descarte de materiais não só orgânicos, mas como os manufaturados. Hoje se estima que sejam de 90 a 100 tipos de materiais diferentes. Ou seja, hoje os poluentes vêm: das fazendas, das residências com resíduos não tratados e tratados (detergente sintéticos), efluentes industriais, rodovias, transportes e descargas e da chuva ácida. O maior problema está nos produtos sintetizados industrialmente, os quais não são biodegradáveis e não podem servir nem de alimento aos seres vivos, nem às bactérias.
- As enxurradas nas rodovias levando para os rios fuligens, gases de escapes, capim, produtos usados no controle de pestes, resto de construções e derramamentos de combustíveis.
- Deposições atmosféricas, contaminantes químicos, combustíveis, industrialização de produtos químicos e incineração de lixo.
- Eutrofização que é a lixiviação para os oceanos de fosfatos vindos das rochas.
- Efluentes que passam por tratamentos diminuem o DBO, nos rios. Em um dos tratamentos os seguintes passos ocorrem:
 - Tratamento da parte líquida:
 - Tratamento preliminar os efluentes brutos passam por:
 - ✚ Grades grosseiras;
 - ✚ Elevatórios de efluente bruto;
 - ✚ Grades médias;
 - ✚ Caixas de areia.
 - Tratamento primário:
 - ✚ Decantadores primários
 - Tratamento secundário:
 - ✚ Tanques de aeração;
 - ✚ Decantadores secundários
 - Tratamento terciário:
 - ✚ Filtro de areia;
 - ✚ Efluente líquido tratado é jogado no rio.
 - Tratamento da parte sólida quando sai dos decantadores:
 - Tratamento primário do decantador primário vai para:
 - ✚ Adensadores de gravidade;
 - Tratamento secundário do decantador secundário vai para:
 - ✚ Flotadores;
 - ✚ Condicionador químico de Lodo em digestores;
 - ✚ Filtro de prensa;

- ✚ Secador térmico;
- ✚ Sai Lodo desidratado (torta)

Mas existem outros tratamentos:

- ❖ Processos oxidativos avançados;
- ❖ Flotação;
- ❖ Tratamentos químicos;
- ❖ Reúso da água.

A agricultura e florestas também causam poluição com mais de 600 diferentes pesticidas utilizados na agricultura, no florestamento e na horticultura.

O subsolo também pode ser um contaminante, pois os lençóis freáticos passam por rochas que contêm elementos químicos, que são arrastados para os rios e oceanos.

Os indicadores de qualidade das águas pode ser:

- Aspectos gerais que são medidos e têm como parâmetros a tabela abaixo:

Temperatura da água	Nitrogênio Kjeldahk (total)	Manganês
Temperatura do ar	Fosfato total	Turbidez
pH e oxigênio dissolvido	Ortofosfato solúvel	Cádmio
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Merúrio	Chumbo
Demanda química de oxigênio (DQO)	Resíduo total	Cobre
Coliformes totais	Coloração da água	Crômio total
Coliformes fecais	Surfactantes	Níquel
Nitrato	Fenol	Zinco
Nitrito	Cloretos	Resíduo não-filtrável
Nitrogênio amoniacal	Ferro total	Condutividade

- Índice de qualidade das águas (IQA) é o produto ponderado das qualidades das águas correspondente aos parâmetros temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (cinco dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. A partir do cálculo, pode-se determinar a classificação para abastecimento público, veja a tabela abaixo:

Intervalo	Qualidade
80-100	Ótima
52-79	Boa
37-51	Aceitável
20-36	Ruim
0-19	Péssima

- A medida de sais dissolvidos na água determina também a qualidade para a navegação.
- A água doce também pode ser classificada pela quantidade de sal:

- Inferior a 0,5%, as águas são consideradas doces;
- Entre 0,50 e 30,0% são salobras
- Superior a 30,0% são salinas
- A água também é classificada em classes:
 - Água doce
 - Classe especial: Destinada ao abastecimento com o sem prévia desinfecção;
 - Classe 1: Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado;
 - Classe 2: Abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
 - Classe 3: Abastecimento doméstico, após tratamento convencional, mas só para animais e irrigação;
 - Classe 4: Navegação.
 - Águas salinas
 - Classe 5: Recreação de contato primário;
 - Classe 6: Navegação comercial.
 - Águas salobras
 - Classe 7: Recreação de contato primário;
 - Classe 8: Navegação comercial.

Depois os autores passam a dar as análises feitas na água de cada item necessário

CAPÍTULO 3 – QUÍMICA DA ATMOSFERA

Não é possível dizer se a vida sustenta a atmosfera, ou se atmosfera a sustenta. Mas a vida desempenha importante papel na composição constante da atmosfera. O oxigênio nela presente, essencial para manter a vida é emitido via processo de fotossintético e consumido no processo respiratório, e os outros gases emitidos para a atmosfera têm papel fundamental quando retornam à superfície na forma de compostos essenciais à vida. Hoje temos consciência do quanto nosso planeta depende da inter-relação vida/atmosfera/litosfera/hidrosfera.

O ser humano tem interferido demais na composição da atmosfera do planeta, isso começou com o marco da Revolução Industrial e não aprendemos com o passado, mas temos que pensar no futuro para garantir a sobrevivência da espécie humana. Nós humanos precisamos minimizar emissões de materiais com as consequentes modificações na composição da atmosfera do planeta para poder morar aqui por muito tempo.

A atmosfera é dividida em:

- Troposfera que a primeira camada que vai do nível do mar até cerca de 16 quilômetros de altitude. Nela a temperatura diminui com o aumento da altitude essa é a única camada que mantém contato direto com a crosta terrestre e com os seres vivos. É nela que ocorre intensa movimentação e transformação dos componentes gasosos e das partículas emitidas pelos oceanos e continentes;
- A segunda é a tropopausa que tem uma temperatura relativamente constante;

- A terceira depois começa a estratosfera aonde a temperatura é elevada com o aumento das altitudes, por causa das moléculas de ozônio que absorvem radiação ultravioleta;
- A quarta é a estratopausa que tem temperatura constante;
- A quinta é a mesosfera, aonde a temperatura volta a decrescer;
- A sexta é a mesopausa, região de temperatura relativamente constante;
- A sétima é a termosfera. Nessa e nas camadas mais altas existem espécies iônicas e atômicas, pela absorção de radiação de alta energia, a temperatura chega a 1.200°C.

Ao longo do tempo a composição dos principais gases Nitrogênio e Oxigênio na atmosfera, não tem mudado. A alteração tem sido dos gases minoritário como o CO₂. Como esses gases minoritários são os que proporcionam transformações químicas (como se a atmosfera funcionasse como um reator químico), com isso ocorre o estado estacionário desses gases (efeito estufa) e seu retorno é favorecido pela chuva (chuva ácida). Abaixo temos uma tabela aonde aparecem os gases emitidos para a atmosfera, sua quantidade e tempo de residência na natureza.

Compostos	Tempo de residência (a: anos; d: dias; h: horas).	Composição (ppb: parte por bilhão em volume)
Dióxido de carbono, CO ₂	4a	360.000
Monóxido de carbono, CO	0,1 ^a	100
Metano, CH ₄	8a	1.600
Formaldeído, HCOH	1d	1-0,1
Ácido fórmico, HCO ₂ H	5d	2-0,1
Óxido de dinitrogênio, N ₂ O	85a	310
Óxido nítrico, NO	1d	0,1
Dióxido de nitrogênio, NO ₂	1d	0,3
Amônia, NH ₃	5d	1
Dióxido de enxofre, SO ₂	1-4d	0,01-0,1
Sulfeto de hidrogênio H ₂ S	24h	0,05
Sulfeto de carbono, CS ₂	40d	0,02
Dimetil sulfeto, CH ₃ -S-CH ₃	0,5d	0,005
Peróxido de hidrogênio, H ₂ O ₂	1d	0,1-10
Cloreto de metila, CH ₃ Cl	1,8a	0,7
Cloreto de hidrogênio, HCl	4d	0,001

Quanto mais o gás tem de tempo de residência, mais ele se espalha, portanto necessariamente um gás fica onde ele foi produzido.

Na natureza existem os ciclos biogeoquímicos que são:

- ✓ Ciclo do Carbono, que está intimamente ligado com os seres vivos da superfície terrestre, que estão em vários estados físicos e diversos compostos do carbono de forma natural, mas existem também os que o ser humano adiciona em quantidade significativa;
- ✓ Ciclo do Nitrogênio, ele é essencial para a vida, pois é um dos principais componentes dos aminoácidos formadores das proteínas, do que existe na natureza, apesar de

abundante, só 0,02% dele se encontra disponível para ser utilizado pelas plantas, uma forma natural de desprender o nitrogênio para ser usado é o relâmpago que solta faíscas com elevada temperatura.

- ✓ Ciclo do Enxofre, outro nutriente essencial. A principal espécie é o SO_2 , H_2S , $(\text{CH}_3)_2\text{S}$, depois do cloreto é o principal ânion presente em águas marinhas. Os jogados na atmosfera são provenientes dos países mais ricos, pois vêm da queima de combustíveis fósseis;
- ✓ Outros ciclos são, por exemplo, o do fósforo, do mercúrio e do oxigênio. Conhecer esses ciclos é essencial para qualquer estudo ambiental.

A combustão de materiais para a produção de energia é o maior responsável pela poluição ambiental e conseqüentemente deve ser a maior preocupação do planeta na busca de processos de produção de energia que não envolvam combustão de materiais. Mas esses processos não podem envolver e gerar resíduos altamente perigosos e de difícil descarte, como exemplo, usinas nucleares.

O material particulado são as partículas sólidas e ou líquidas presentes na atmosfera. Muitas dessas partículas são visíveis como a poeira, cinzas e fumaças. Algumas não são visíveis, mas são considerados particulados, as partículas que têm tamanho maior $0,1\mu\text{m}$. Muitas servem como núcleos para vapor d'água que forma as nuvens.

A Terra recebe 0,002% da energia emitida pelo sol, mas só uma parte chega à superfície, pois de cada 100 unidades, as nuvens e o material particulado refletem e espalham devolvendo ao espaço 30 unidades, 26 unidades são usadas para aquecer a atmosfera e 44 unidades chegam à superfície terrestre. Caso não houvesse atmosfera, esta energia seria perdida no espaço e a vida ficaria inviável. Existem gases que como CO_2 retém calor e o jogam novamente na Terra causando o efeito estufa, fenômeno que mantém a Terra aquecida.

O Protocolo de Kyoto que foi assinado em 1997, prevê que os países desenvolvidos diminuam a emissão de gases estufas até 2012.

As principais conseqüências do efeito estufa na Terra são a elevação global da temperatura média, que pode causar:

- ✓ Elevação do nível do mar com o derretimento das geleiras;
- ✓ Um aumento da temperatura média global causando a mudança do clima, trazendo conseqüências à agricultura, podendo causar o aumento da fome;
- ✓ Pode aumentar a população de insetos, aumentando também os casos de diarreia e infecção alimentar.

O ozônio é um gás azul-escuro que se concentra na estratosfera, em uma região situada entre 20 e 40 km de altitude da atmosfera, tem espessura de 15 km de espessura e funciona como um escudo protegendo a Terra dos efeitos nocivos dos raios solares. Os gases CFCs são os maiores responsáveis pela destruição da camada de ozônio.

Em estudos científicos mostrou-se que as residências, indústrias e escritórios, ou seja, locais fechados têm maior poluição que os ambientes abertos pois a concentração dos gases estão em um espaço menor, e apesar de não parecer, a emissão de gases poluentes é grande nesses locais.

CAPITULO 4 – ENERGIA E AMBIENTE

Nos países em desenvolvimento o consumo de energia por pessoa é de 1 kW/habitante, e nos países desenvolvidos é de 7 kW/habitante. Todas as formas de gerar energia produzem efeitos ambientais, e o conceito de energia limpa é apenas um sonho. Portanto, a grande saída para os problemas ambientais é economizar energia. Para resolver o problema de economia, devem ser incentivados três conceitos, economizar energia, melhorar eficiência de equipamentos e cogeração (é o conceito onde parte da energia ou resíduo descartado para o ambiente possa ser usado para gerar mais energia útil).

Algumas fontes de energia são:

- ✓ Gás natural;
- ✓ Carvão mineral;
- ✓ Petróleo;
- ✓ Álcool combustível;
- ✓ Biodiesel.

Os processos de geração de energia elétrica são:

- ✓ Por hidroelétrica;
- ✓ Termoelétricas;
- ✓ Energia nuclear;
- ✓ Energia solar;
- ✓ Energia eólica;
- ✓ Pilhas de combustível.

CAPITULO 5 – LITOSFERA.

Os solos são compostos de três fases – sólida, líquida e gasosa. A composição típica da solução do solo está demonstrada na tabela abaixo:

Elementos	Solos em geral mol/L (10^{-3})	Solos ácidos
Nitrogênio (N)	0,16-55	12,1
Fósforo (P)	0,001-1	0,007
Potássio (K)	0,2-10	0,7
Magnésio (Mg)	0,7-100	1,9
Cálcio (Ca)	0,5-38	3,4
Enxofre (S)	0,1-150	0,5
Cloro (Cl)	0,2-230	1,1
Sódio (Na)	0,4-150	1,0

O perfil do solo pode ser classificado em:

- ✓ Horizonte A – resultante do acúmulo de material orgânico misturado com material mineral. Geralmente tem coloração escura.
- ✓ Horizonte B – caracterizado pelo acúmulo de argila, ferro, alumínio e pouca matéria orgânica.
- ✓ Horizonte C – camada de material não consolidada, com pouca influência e organismos.
- ✓ Rocha – rocha inalterada.

As propriedades do solo são:

- ✓ Capacidade de troca catiônica de solos;
- ✓ Acidez do solo;
- ✓ Processo de oxidação e redução nos solos;
- ✓ Adsorção de metais em solos;

A produção de vegetais por área de solo é denominada produtividade. Os fatores que limitam o crescimento do vegetal (Lei de Liebig) são:

- ✓ A limitação do crescimento do vegetal se dá por falta, e não por excesso, de um elemento componente do ambiente;
- ✓ O fator em mínimo é o elemento que se encontra em quantidade mínima, em relação às necessidades da planta;
- ✓ Os micro elementos, ou micronutrientes, que entram na composição das plantas em quantidade mínima também pode controlar seu crescimento;
- ✓ Essa limitação não está associada apenas às substâncias químicas dissolvidas no solo, mas também aos ciclos biogeoquímicos, aos componentes químicos do ar e a fatores físicos, como incidência luminosa, temperatura, umidade etc.

Os manejos do solo são resumidos aqui como:

- ✓ Aração ou revolvimento do solo.
- ✓ Adubação.
- ✓ Irrigação.
- ✓ Aplicação de herbicidas e pesticidas.

Com a ocupação do solo nas grandes cidades começaram a impermeabilização do solo causando as enchentes. A mineração é outro problema que causa com o desmatamento, o rebaixamento do nível do lençol freático e o assoreamento dos mananciais.

Existem formas de recuperar um solo contaminado com os métodos de:

- ✓ Biorremediação que é a utilização de organismos vivos para degradar ou transformar poluentes ambientais em substâncias de menor toxicidade.

- ✓ Fitorremediação que é o uso de vegetação para a descontaminação de solos e sedimentos.

CAPÍTULO 6 – MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica natural pode ser classificada em:

- ✓ Substância húmicas de solos – consiste em uma mistura de produtos, em vários estágios de decomposição, resultantes da degradação química e biológica de resíduos vegetais/animais e da atividade de síntese de micro-organismos, ajudando na recuperação do solo.
- ✓ Substâncias húmicas aquáticas - consistem em 90% de ácidos fúlvicos aquáticos e o restante de ácidos húmicos aquáticos, ajudam a recuperar os rios e oceanos, só não são muito eficientes no controle dos metais presentes nas águas.

Aqui nesse capítulo os autores também citam processos de análise dos metais nas águas.

CAPÍTULO 7 – RESÍDUOS SÓLIDOS-LIXO

Chamamos de lixo os restos de atividades humanas consideradas inúteis (também chamados resíduos sólidos).

Geralmente verifica-se que em países onde a renda per capita é maior, existe maior massa de resíduos. A tabela abaixo mostra a massa aproximada de resíduos produzidos diariamente em alguns países.

País	g/hab-dia
Canadá	1700
EUA	2000
Alemanha	900
Suécia	900
Japão	1900
França	1400
Brasil	700
México	800

O resíduo pode ser classificado em função de sua natureza física, composição, periculosidade e origem:

- ✓ Classe I – Perigosos.
- ✓ Classe IIa – Não Inertes
- ✓ Classe IIb – Inertes

Em relação à origem, a classificação dos resíduos sólidos é:

- ✓ Domiciliar
- ✓ Comercial
- ✓ Público
- ✓ Serviços de saúde e hospitalar
- ✓ Portos, aeroportos e terminais rodoviários.
- ✓ Agrícola
- ✓ Industrial
- ✓ Entulho

As destinações finais do lixo são:

- ✓ Incineradores
- ✓ Lixões
- ✓ Aterros controlados
- ✓ Aterros sanitários
- ✓ Reciclagem
- ✓ Compostagem

CAPITULO 8 – ASPECTOS GERAIS

Nesse capítulo os autores só citam que a poluição ambiental é uma nova área de conhecimento, portanto tem poucos recursos e a preocupação é pequena, mas está aumentando e mostram nos números das Leis Decretos e Resoluções, e órgãos criados Federais, Estaduais e Municipais, no Brasil.

12. SOLOMONS, T. W. G. Química Orgânica. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 1 e 2.

1. OUTROS COMPOSTOS DE CARBONO

1.1-Álcoois

São compostos que apresentam o grupo funcional hidroxila (OH) ligado a átomo de carbono com hibridização sp^3 . Podem ser vistas como hidroxiderivados de alcanos ou derivados alquilados da água. Álcoois de até três carbonos são solúveis em água e, a partir daí, a solubilidade diminui à medida que aumenta a cadeia carbônica. O ponto de ebulição é relativamente elevado devido às ligações de hidrogênio intermoleculares.

Álcoois podem ser obtidos pela hidratação de alcenos em meio ácido em reações de adição, seguindo a regra de Markovnikov.

1.2-Éteres

São compostos que apresentam o átomo de oxigênio entre dois carbonos. São solúveis em água, seguindo aproximadamente o comportamento dos álcoois. O ponto de ebulição dos éteres é comparável ao dos hidrocarbonetos de mesma massa molecular. Os éteres podem ser obtidos por desidratação intermolecular de álcoois a 140°C, em meio sulfúrico.

1.3 - Aldeídos e Cetonas

Aldeídos são compostos que possuem o grupo carbonila ligado de um lado a um carbono, e de outro a um hidrogênio. A nomenclatura dá ao grupo carbonila a posição 1 e à cadeia principal a terminação "al". Aldeídos cíclicos são nomeados por adição do termo carbaldeído ao nome do ciclo.

O grupo carbonila é polar, fazendo com que os aldeídos apresentem pontos de ebulição mais altos que os hidrocarbonetos correspondentes. Aldeídos até quatro carbonos são solúveis em água e, a partir daí, a solubilidade diminui com o aumento da cadeia carbônica. Aldeídos podem ser sintetizados por oxidação de álcoois primários em presença de clorocromato de piridínio $-C_5H_5NH^+Cr(XCl)-$.

Cetonas são compostos que apresentam o grupo carbonila entre dois átomos de carbono. A nomenclatura numera a cadeia principal a partir da extremidade mais próxima da carbonila e dá à terminação "ona" a cadeia principal. A presença do grupo carbonila faz com que as cetonas apresentem o mesmo comportamento físico dos aldeídos.

Cetonas podem ser obtidas por ozonólise de alcenos, por adição de água em alcinos em meio ácido, com presença de íons Hg^{+2} e por oxidação de álcoois secundários.

1.4 - Ácidos Carboxílicos

Ácidos carboxílicos apresentam o grupo carboxila em sua estrutura. A nomenclatura IUPAC fixa a carboxila na posição 1 da cadeia principal, a que se dá a terminação óico.

Os ácidos carboxílicos são polares e suas moléculas formam fortes ligações de hidrogênio entre si, resultando em pontos de ebulição elevados. Os quatro primeiros ácidos da série são totalmente solúveis em água. A solubilidade diminui com o aumento da cadeia carbônica.

A maioria dos ácidos carboxílicos não substituídos possui valores de K_a entre 10^{-4} e 10^{-5} .

A entrada de grupos retirantes de elétrons como halogênios aumenta a força ácida. Como a transmissão do efeito indutivo não é eficiente nas ligações covalentes, o aumento da força ácida diminui quando aumenta a distância entre o grupo retirante de elétrons e o grupo carboxila.

Ácidos carboxílicos podem ser preparados a partir da oxidação de alcenos com permanganato de potássio em básico e por oxidação de aldeídos e álcoois primários.

1.5 - Sais de Ácidos Carboxílicos

Derivados de ácidos carboxílicos, sendo os mais comuns os de sódio e potássio. A nomenclatura é similar a ácidos de origem, substituindo a terminação óico por ato, acrescido do nome do metal. São, em sua maioria solúveis em água, inclusive os de cadeia carbônica.

1.6-Ésteres

São derivados da reação de esterificação entre um ácido carboxílico e um álcool, com eliminação de uma molécula de água. A nomenclatura é semelhante a dos sais, trocando-se o nome do metal pelo nome do radical de esterificação mais "A" ou "O". Os ésteres são compostos polares, porém, a ausência do hidrogênio ligado ao oxigênio não permite a formação de ligações fortes entre moléculas, fazendo com que seus pontos de ebulição sejam menores que o dos ácidos carboxílicos e álcoois de massa molar semelhante.

Os ésteres, geralmente, possuem odores agradáveis e são usados na fabricação de essências. Além da esterificação, os ésteres podem ser sintetizados a partir de cloretos de ácidos com álcool e anidridos de álcoois.

Os ésteres sofrem hidrólise promovida por bases em uma reação chamada saponificação. Forma-se um sal do ácido correspondente e um álcool.

1.7-Amidas

São compostos derivados da carboxila por substituição do grupo OH por um grupo NH_2 . A nomenclatura é semelhante a dos ácidos, substituindo-se a terminação óico pela palavra amida. Amidas não substituídas no grupo NH_2 , formam ligações de hidrogênio entre suas moléculas e apresentam pontos de ebulição e fusão elevados.

As amidas podem ser sintetizadas a partir de cloretos de ácidos em reação com amônia ou aminas primárias e secundárias.

1.8-Aminas

São derivados orgânicos da amônia por substituição dos átomos de hidrogênio por grupos alquila. A nomenclatura dá os nomes dos grupos alquila em ordem alfabética, seguidos da palavra amina. São classificadas como primárias, secundárias e terciárias, em função do número de hidrogênio substituídos. As aminas são polares, com pontos de ebulição menores que os álcoois de massa molar correspondente. Aminas de massa molar baixa são muito solúveis em água. As aminas são bases relativamente fracas. São bases mais fortes que a água, mas muito mais fracas que os íons hidróxido.

Um grande número de aminas tem grande importância médica e biológica. A adrenalina e a noradrenalina são hormônios secretados pela medula da glândula suprarrenal liberada no sangue em situações de perigo, a adrenalina aumenta a pressão sanguínea, acelera os batimentos cardíacos e amplia a ventilação pulmonar, efeitos que preparam o animal para a luta ou para a fuga.

A dopamina e a serotonina são importantes neurotransmissores do cérebro. Muitas aminas são vitaminas, tais como: piridoxina (vitamina B_6) e cloreto de tiamina (vitamina B_1).

Aminas podem ser sintetizadas pela alquilação da amônia.

1.9-Fenóis

São compostos que apresentam o grupo hidroxila ligado diretamente a um anel benzênico. A nomenclatura dá ao grupo hidroxila a posição 1 do anel, devendo os radicais situarem-se nas menores posições numéricas, e serem nomeados em ordem alfabética, seguidos da palavra fenol. A presença do grupo hidroxila nos fenóis permite a formação de ligações de hidrogênio intermoleculares, conferindo-se pontos de ebulição elevados. Os fenóis são modestamente solúveis em água. Eles têm caráter fracamente ácido devido a uma distribuição de cargas elétricas que torna o oxigênio do grupo OH mais positivo, atraindo o próton com menor intensidade. O fenol é um composto químico de grande importância industrial, servindo de matéria-prima para inúmeros produtos, desde aspirina até uma variedade de plásticos. Pode ser obtido por vários processos, dentre eles a hidrólise do clorobenzeno com hidróxido de sódio, sob alta pressão e temperatura.

1.10-Carboidratos

São aldeídos e cetonas poli-hidroxiladas, também chamados de açúcares ou sacarídeos. Os carboidratos mais simples, que não podem ser hidrolisados, são chamados monossacarídeos. Quando, por hidrólise, um carboidrato fornece duas moléculas de monossacarídeos recebe o nome de dissacarídeo. Quando produz um grande número de moléculas de monossacarídeos é chamado polissacarídeo. A sacarose, a glicose, a frutose, a maltose, o amido, a celulose são exemplos de carboidratos.

Os carboidratos são os constituintes orgânicos mais abundantes nos vegetais. Servem como fonte de energia para os organismos vivos e, em alguns casos, como constituinte importante dos tecidos de suporte. Os carboidratos são sintetizados nos vegetais verdes por fotossíntese através da reação:



carboidrato

Os carboidratos atuam como um reservatório químico de energia. Esta é liberada quando animais ou vegetais metabolizam os carboidratos pela reação:



1.11-Lipídeos

São compostos de origem biológica que se dissolvem em solventes apolares. O nome lipídeo vem do grego lipos, que significa gordura.

1.11.1 –Triacilgliceróis

A maior parte dos ácidos carboxílicos de origem biológica é encontrada sob a forma de ésteres do glicerol, isto é, como triacilgliceróis. Os triacilgliceróis são óleos de plantas e gorduras de origem animal, tais como: óleos de soja, amendoim e milho, manteiga, toucinho, sebo. Quando líquidos à temperatura ambiente, são chamados de óleos. Quando sólidos, gorduras. As gorduras são triacilgliceróis formados, principalmente, por ácidos graxos saturados, enquanto os óleos são triacilgliceróis formados principalmente por ácidos graxos insaturados e poli-insaturados. Um triacilglicerol insaturado pode ser transformado em saturado por hidrogenação catalítica.

A função principal dos triacilgliceróis nos animais é como "reserva de energia". Quando metabolizados, fornecem mais que o dobro de quilocalorias por grama que os carboidratos. O tecido adiposo dos animais contém células especializadas, chamadas adipócitos, que armazenam triacilgliceróis. Essas células localizam-se, principalmente, na cavidade abdominal e nas camadas subcutâneas. Os homens possuem teor de gordura em torno de 21 % e mulheres em torno de 26%. Essa carga de triacilgliceróis é suficiente para garantir a sobrevivência por cerca de 3 meses, em caso de falta de alimentos. A quantidade de triacilgliceróis saturados na dieta é fator de preocupação na área da saúde, pois há evidências de que seu excesso seja fator no desenvolvimento de doenças cardíacas e câncer.

1.12 - Aminoácidos e Proteínas

1.12.1-Aminoácidos

São estruturas que contêm um grupo básico (-NH₂) e um grupo ácido (-COOH). No estado sólido, os aminoácidos existem como íons dipolares, uma forma onde o grupo carboxila está presente como íon carboxilato (-CO₂⁻) grupo amino como íon amínio (-NH₃⁺). Os íons dipolares são chamados zwitterions.

Em solução aquosa, ocorre um equilíbrio entre o íon dipolar e as formas aniônica e catiônica do aminoácido. Em soluções fortemente ácidas (pH=0), predomina a forma catiônica; em soluções fortemente básicas (pH=14), predomina a forma aniônica. Em um certo pH intermediário chamado ponto isoelétrico, a concentração do íon dipolar será máxima e as concentrações de cátions e ânions serão iguais.

Os aminoácidos podem ser sintetizados por todos os organismos vivos. Alguns animais superiores são deficientes nestas sínteses e necessitam de alguns aminoácidos como parte de sua dieta. Um ser humano necessita de oito aminoácidos.

1.12.2-Proteínas

São estruturas formadas pela polimerização de α-aminoácidos, através da eliminação de água. A ligação -CO - NH - que se forma entre aminoácidos é chamada de ligação peptídica. Os aminoácidos assim ligados são chamados resíduos de aminoácidos. Polímeros contendo 2,3, entre 4 e 10 e mais de 10 resíduos de aminoácidos são chamados dipeptídeos, tripeptídeos, oligopeptídeos e polipeptídeos, respectivamente. As moléculas contendo uma ou mais cadeias de polipeptídeos são chamadas proteínas.

2 -ISOMERISMO

Isômeros são compostos diferentes com a mesma fórmula molecular.

2.1 -Isômeros Constitucionais

São isômeros que diferem devido seus átomos estarem conectados em ordem diferente.

Fórmula Molecular	Isômeros Constitucionais	
C ₄ H ₁₀	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \text{Butano} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{Isobutano} \end{array}$
C ₃ H ₇ Cl	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{Cl} \\ \text{1 - Cloropropano} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \text{2 - Cloropropano} \end{array}$
C ₂ H ₆ O	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \text{Etanol} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ \text{Éter dimetilico} \end{array}$

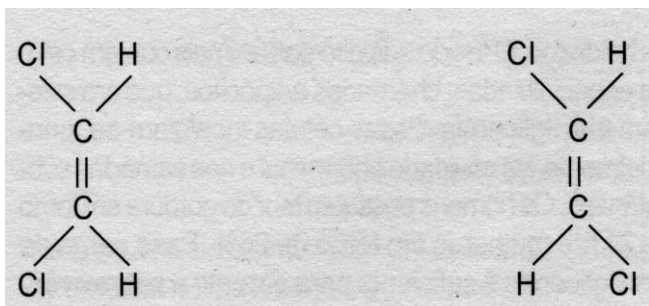
2.2 – Estereoisômeros

São isômeros que têm seus átomos conectados na mesma sequência. A diferença entre os isômeros está no rearranjo espacial dos átomos. Estão divididos em duas classes: diastereômeros e enantiômeros.

2.2.1 - Diastereômeros

Ex.:

Fórmula Molecular: $C_2 H_2 Cl_2$

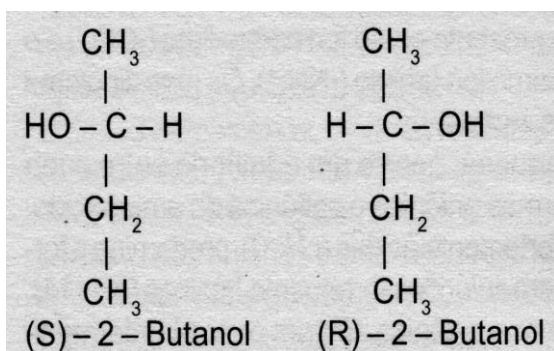


Cis-1,2-Dicloroeteno Trans-1,2- Dicloroeteno

Moléculas de Cis -1,2 - Dicloroeteno e Trans -1,2 -Dicloroeteno não são imagens especulares uma da outra. São chamadas, portanto, de estereoisômeros diastereômeros.

2.2.2 - Enantiômeros

Ex.: Fórmula Molecular: C₄H₉OH



As moléculas do (S) - 2 - Butanol e do (R) - 2 - Butanol são imagens especulares uma da outra. Diz-se, portanto, que são estereoisômeros enantiômeros. Os enantiômeros ocorrem em compostos cujas moléculas são quirais. Molécula quiral é aquela que não é idêntica à sua imagem no espelho. Uma forma de reconhecer a possibilidade de enantiômeros consiste em termos na molécula um átomo de carbono hibridizado em sp³ com quatro ligantes diferentes.

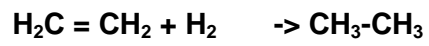
Os enantiômeros são chamados compostos opticamente ativos. Quando um feixe de luz plano-polarizada passa através de um enantiômero, o plano de polarização gira. Uma substância que gira a luz plano-polarizada na direção horária é chamada dextrorrotatória e na direção anti-horária, levorrotatória. Uma mistura equimolar de dois enantiômeros é chamada de forma racêmica ou racemato e não apresenta uma atitude óptica.

3 - Algumas Sínteses Orgânicas

3.1 - Síntese de Alcanos

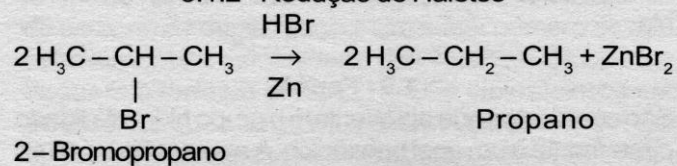
3.1.1 - Hidrogenação de Alcenos e Alcinos

Ni



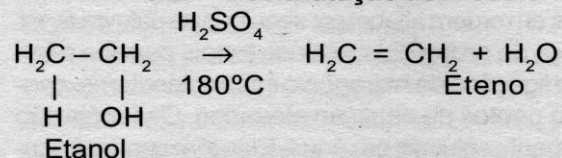
Eteno 50 atm/25°C Etano

3.1.2 - Redução de Haletos

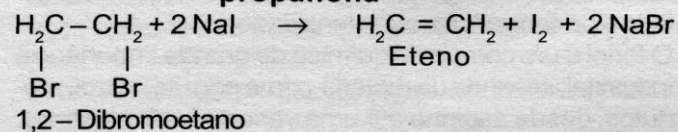


3.2 - Síntese de Alcenos

3.2.1 - Desidratação de Álcoois

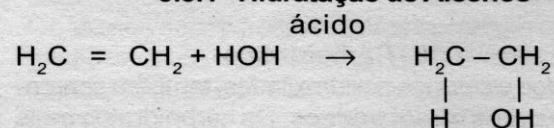


3.2.2 - Desbromação de Dibrometos Vicinais propanona



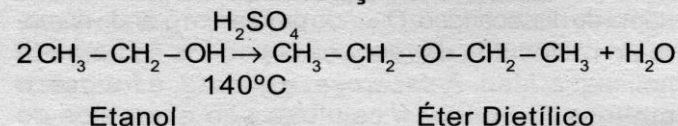
3.3 - Síntese de Álcoois

3.3.1 - Hidratação de Alcenos



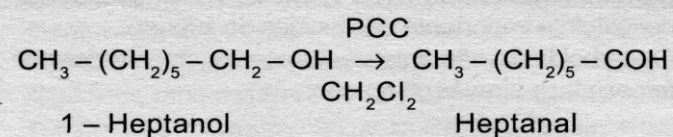
3.4 - Síntese de Éteres

3.4.1 - Desidratação de Álcoois



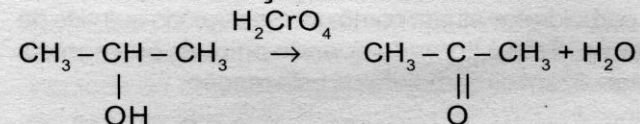
3.5 - Síntese de Aldeídos

3.5.1 - Oxidação de Álcool Primário

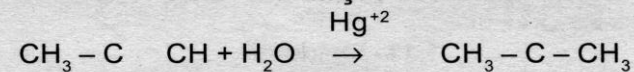


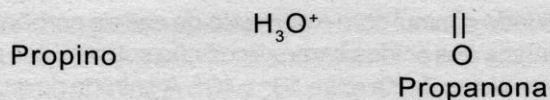
3.6 - Síntese de Cetonas

3.6.1 - Oxidação de Álcool Secundário



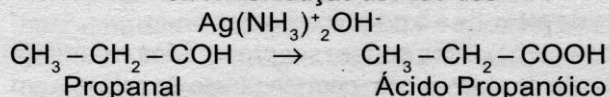
3.6.2 - Hidratação de Alcinos





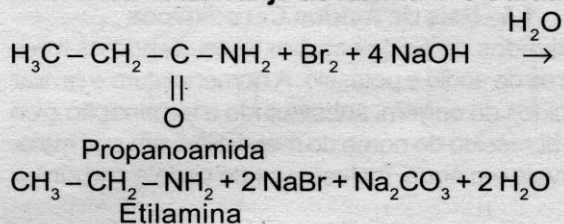
3.7 - Síntese de Ácidos Carboxílicos

3.7.1 - Oxidação de Aldeídos



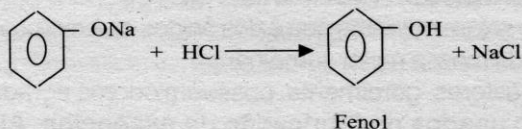
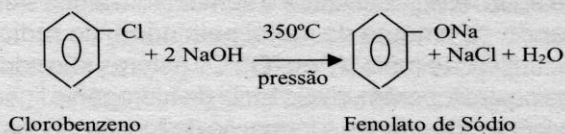
3.8 - Síntese de Aminas

3.8.1 - Rearranjo de Hofmann e Curtius



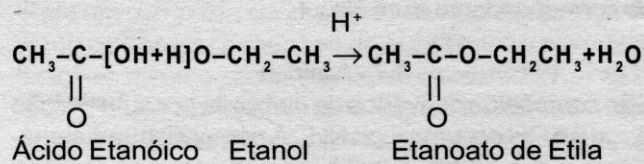
3.9 - Síntese de Fenol

3.9.1 - Hidrólise do Clorobenzeno

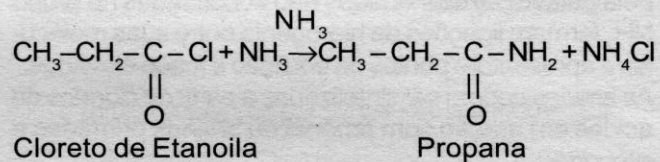


3.10 - Síntese de Ésteres

3.10.1 - Esterificação



3.11 - Síntese de Amidas



Síntese elaborada por Sergio Firmino de Oliveira

13. TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C.; SILVA, R. R. A atmosfera terrestre. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2008. (Polêmica)

Sobre os autores:

Mário Tolentino, especializado em Metodologia do Ensino da Química, é professor Titular aposentado do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos, autor de diversos artigos e livros na área de Educação em Química.

Mestre em Físico-Química e Doutor em Ciências, **Romeu C. Rocha Filho** é também professor do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos e autor de livros e artigos na área de Educação em Química. É membro atuante da Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química;

Roberto Ribeiro da Silva, professor do Instituto de Química da Universidade de Brasília, Mestre em Química Orgânica e Doutor em Ciências, já escreveu livros e artigos na área de Educação em Química, e é também membro atuante da Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química.

A atmosfera terrestre é um dos assuntos que tem-se destacado nas últimas décadas, principalmente no início do século XXI. O aquecimento global com suas prováveis consequências despertou a atenção do mundo científico e político do mundo. A situação é preocupante, e conhecer nossa atmosfera e os fenômenos que nela ocorrem, bem como as ações humanas que influenciam esses fenômenos passou a ser primordial.

Embora este livro não traga como objetivo principal o aquecimento global, e sim a atmosfera, com sua origem e estrutura, importância e função. A sua leitura é interessante para o conhecimento dessa parte essencial à vida no nosso planeta.

Com uma narrativa mais simples que a científica, os autores explicam os fatores atmosféricos e a Química de uma forma que o livro pode ser entendido por qualquer leigo no assunto.

Apresenta oito capítulos, subdivididos em capítulos menores. Na última página, os autores relacionaram alguns endereços de sites na internet dedicados às questões atmosféricas, como o site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o INPE.

Os capítulos principais são: A capa gasosa da Terra, escondidos na atmosfera, gás carbônico - um componente versátil, gases da atmosfera a serviço do homem, estranhos no ninho e seus efeitos, as grandes alterações da atmosfera, tempo instável com chuvas no período e a atmosfera a serviço do homem.

No primeiro capítulo aborda-se a origem da atmosfera, sua estrutura, composição, importância e função e um breve comentário sobre a atmosfera de outros planetas. Os autores descrevem a hipótese que durante a formação do nosso planeta, transformações físico-químicas produziram substâncias gasosas que se desprenderam da massa sólida por permeação, por aberturas diversas, e passaram a compor uma atmosfera primitiva, muito diferente da atual. Nessa atmosfera predominavam os gases metano, a amônia, o vapor d'água e o dióxido de carbono. O hélio e o hidrogênio também abundantes na época acabaram escapando da atmosfera terrestre. A agitação térmica, por causa da temperatura elevada da Terra na ocasião, pode ter ocasionado esse escape das moléculas dos gases.

Várias transformações físico-químicas determinaram a formação de novos compostos na atmosfera primitiva. Muitos processos químicos complexos foram, lentamente, alterando a composição atmosférica. O surgimento dos oceanos e mares, o resfriamento da Terra e o surgimento dos primeiros organismos, fez aparecer uma atmosfera primária e secundária, esta última resultante principalmente da respiração e fotossíntese desses organismos primitivos. A atmosfera, de acordo com os autores, não está em repouso, ela pode ser considerada extremamente frágil e ainda sujeita à entrada de gases das mais variadas origens e ao escape de suas moléculas mais externas para o espaço. Além disso, a interação entre a atmosfera, a crosta sólida da Terra, a superfície dos oceanos e a biota é incessante e, afirmam os autores, que isso é um fator determinante no futuro do planeta.

Citam-se no livro alguns exemplos utilizados no mundo científico para obter dados importantes sobre o clima nas eras passadas. Técnicas como o estudo dos anéis de crescimento das árvores (exemplares da Tasmânia), o estudo de amostras de gelo a várias profundidades na Groenlândia e da Antártica e a análise de amostras de rochas obtidas por perfurações (essa técnica permitiu um recuo ainda maior no tempo).

Nas fronteiras superiores da atmosfera, há uma progressiva rarefação dos gases, consequência da redução do efeito da gravidade terrestre, o que provoca uma fuga ordenada das moléculas para o espaço.

No intuito de organizar o estudo da atmosfera, os cientistas classificam as regiões pelas suas propriedades físico-químicas e as delimitam por cotas de altitude. As camadas da atmosfera são denominadas: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera. O conjunto dessas camadas é chamado de homosfera, pelo fato da composição básica do ar nessas áreas ser considerado constante.

A região mais próxima da Terra é a troposfera. Nela ocorrem a maioria dos fenômenos meteorológicos que caracterizam o clima, e segundo os autores, é onde que se agita a vida. A temperatura média varia de 15 graus Celsius, superfície, a 60 graus Celsius negativos, a 11 quilômetros de altitude. É no seu limite superior que os grandes jatos comerciais navegam, procurando regiões mais calmas para o voo.

Na estratosfera, a temperatura média aumenta com a altitude, variando de 60 graus Celsius negativos a 10 graus Celsius negativos, este valor a 45 quilômetros de altitude. Pode ser movimentada por algumas correntes especiais de vento, mas apenas em certas ocasiões há formação de nuvens nessa camada. Algumas aeronaves supersônicas utilizam os limites inferiores da estratosfera para navegar, aproveitam da diminuição do atrito do ar com a aeronave (área com aumento na rarefação do ar).

A pressão da atmosfera diminui à medida que sua altitude aumenta. Por exemplo, na altitude extrema da atmosfera se registra uma pressão cerca de dez mil vezes menor que a existente na superfície da Terra.

Existem também denominações específicas para regiões da atmosfera que contêm substâncias particulares ou onde ocorrem certos fenômenos de interesse científico. A região situada entre 30 e 80 quilômetros de altura é chamada de quimiosfera e acima dela, de 80 a 400 quilômetros, estende-se a ionosfera.

Na quimiosfera acontece uma grande interação entre a energia solar, principalmente com as frequências do ultravioleta, e certos componentes do ar. Na ionosfera, devido à ação da radiação ultravioleta do sol, somada ao bombardeio do vento solar ou da radiação cósmica, provoca a ionização de seus átomos e moléculas. Por essa característica, a ionosfera tem particular importância para os meios de telecomunicação.

Uma região da atmosfera que tem sofrido pesquisas mais detalhadas é a ozonosfera ou camada de ozônio. Estende-se desde a estratosfera até a quimiosfera com uma espessura de 35 quilômetros. É formada pelo gás ozônio, uma variante alotrópica do elemento químico oxigênio.

As chamadas auroras polares são explicadas como sendo descargas elétricas luminosas que ocorrem dentro da mesosfera e ionosfera. A análise da luz emitida por esses fenômenos tem contribuído para o conhecimento das substâncias químicas dessas altitudes.

É válido lembrar que a atmosfera não se encontra em estado estático, e conforme sua altitude, a composição da atmosfera também pode variar bastante. Os autores esclarecem que para fixar algumas condições ao falar da composição do ar, é usual a referência ar “limpo e seco” (ausência de substâncias ou materiais estranhos).

A determinação desses componentes é realizada por coleta de amostras na região inferior da troposfera, e para altitudes maiores, utilizam-se balões e foguetes. Estudos sobre as condições físico-químicas da atmosfera são desenvolvidos usando tecnologias aéreas.

A composição do ar limpo e seco, conforme relaciona o livro por ordem decrescente de teor por metro cúbico: nitrogênio, oxigênio, argônio, gás carbônico, neônio, hélio, metano, criptônio, hidrogênio e xenônio. Dentre esses componentes, o gás carbônico e o metano têm especial atenção por estarem ligados a processos naturais ou por serem derivados das atividades antrópicas e de outros seres vivos.

A atmosfera desempenha um papel muito importante na manutenção da vida na Terra. O de reservatório de elementos vitais aos processos biológicos relacionados à vida na Terra, por exemplo, reserva de carbono que está na forma de gás carbônico, recurso imprescindível para a fotossíntese, base da cadeia alimentar. E também funciona como um manto térmico e protetor que envolve o planeta, permitindo temperaturas favoráveis à existência de organismos vivos.

Uma explicação interessante relatada neste livro é sobre o azul do céu e as cores do pôr do sol. Fala-se que não foi fácil entender essa característica, mas atualmente se aceita a explicação que a luz branca do sol sofre um espalhamento pelas moléculas contidas no ar, essas moléculas dispersam com maior intensidade os comprimentos da luz visível (azul e violeta), levando ao azul do céu durante o dia e ao laranja-avermelhado do pôr do sol. Compreende-se também que a luz difunde-se para todos os sentidos através da atmosfera, por isso as áreas que não recebem a luz direta do sol, aparecem parcialmente sombreadas e não totalmente escuras como ocorre no espaço.

Os autores, apenas a dado de curiosidade, comentam sobre a atmosfera dos outros planetas do sistema solar. Eles comentam que a presença de organismos vivos e de oceanos parece ter determinado um tipo bem diferenciado de atmosfera para o nosso planeta.

Descobriu-se que Mercúrio apresenta uma fina camada de hélio envolvendo o planeta, e ainda nem se pode afirmar que possui uma atmosfera. Dados básicos informaram que a atmosfera de Vênus é formada por 97 % de dióxido de carbono. Em Marte a presença de vapor d' água é muito baixo, seu componente principal também é o dióxido de carbono, mas sua quantidade é muito pequena, o que faz com que a pressão atmosférica seja desfavorável à presença de água no estado líquido.

Existem no ar atmosférico gases denominados gases raros, são eles: *argônio* (Ar), *neônio* (Ne), *hélio* (He), *criptônio* (Kr) e *xenônio* (Xe). Até o final do século XIX, não se conhecia a existência desses gases, e a constatação de que havia algum componente estranho no ar atmosférico é atribuído às experiências realizadas pelo cientista inglês Henry Cavendish (1731-1810).

O livro cita as experiências realizadas por outros cientistas que juntas corroboraram para a descoberta desses gases. O astrônomo francês Jules Janssen, o químico Edward Frankland e o astrônomo inglês Joseph Norman descobriram um elemento novo no espaço e o chamaram de hélio. O físico Gustav Kirchhoff criou um dispositivo para a análise da luz, que muito colaborou com a descoberta de novos elementos químicos, o espectroscópio. Em 1880, o físico inglês Rayleigh com suas experiências de densidades dos gases juntamente com o químico escocês William Ramsay isolaram o gás argônio. Neste mesmo ano o gás hélio foi isolado e descoberto aqui na atmosfera terrestre. Com o avanço dos estudos e tecnologias, outros elementos foram descobertos.

Na tabela periódica de Mendeleiev esses novos elementos químicos não tinham encaixe, então foi necessária a criação de um agrupamento especial. Por não apresentarem características paralelas aos outros grupos químicos, os cientistas acharam por bem reuni-los em um novo grupo de elementos químicos, o grupo dos gases nobres.

Apesar de ser considerado um elemento natural da atmosfera, o gás carbônico (CO₂) ou dióxido de carbono, tem seu teor no ar variável, sujeito à época e ao local. A sua presença na atmosfera se dá principalmente pela "combustão", mas a respiração dos animais e dos vegetais também é uma fonte. O seu teor na atmosfera tem variado ao longo dos anos, mostrando uma tendência ao crescimento. Essa tendência acelerou-se muito com o advento da Revolução Industrial.

De acordo com os autores, a aceleração do processo de aumento de CO₂ na atmosfera nas últimas décadas tem sua clara evidência ao se comparar dados de um intervalo de tempo de quase duzentos anos, no passado, com os dos quarenta anos recentes.

Existem vários processos que controlam a quantidade de gás carbônico na atmosfera, entre eles encontra-se a fotossíntese (processo físico-químico de fixação de gás carbônico realizado principalmente pelas plantas). Porém, segundo os autores ao se tratar da contribuição ou não das plantas para a retirada de gás carbônico atmosférico deve ser levado em conta que os processos de respiração desses vegetais também repõem CO₂ na atmosfera.

Os oceanos, através da solubilização desse gás na água salgada, também auxiliam no seu consumo. Interessante que o gás dissolvido, além de servir como recurso para algas fotossintetizantes, em grande quantidade ele pode formar carbonatos e bicarbonatos. Essas substâncias, metabolizadas por organismos vivos, transforma-se em conchas e estruturas coralinas. E ainda, essa elevada quantidade de gás dissolvido, pode formar precipitados de carbonatos de cálcio e magnésio, que ao se depositarem no fundo dos oceanos, formam calcário.

Normalmente, continuando os autores, o gás carbônico presente no ar atmosférico dissolve-se na água das chuvas, originando uma solução ligeiramente ácida (água pluvial não contaminada pH 5,6). Abaixo desse pH limite, a chuva é considerada "ácida". Mas é claro que existem outros componentes do ar que também contribuem para a chuva ácida, tais como óxidos de enxofre e de nitrogênio.

A chuva ácida traz certos efeitos desfavoráveis, como a erosão química de monumentos. Mas é responsável pela formação de muitas estruturas fantásticas no interior das cavernas. A chuva ácida infiltra no solo, encontra espaço, e em certas regiões onde o subsolo é formado por rochas calcárias, há a dissolução desse mineral, que ao gotejar no interior da caverna forma estruturas e galerias de grande beleza e encantamento. Por isso no interior das cavernas pode haver um maior acúmulo de gás carbônico nas partes mais baixas (o CO₂ é mais denso), essa característica é um alerta de perigo para os exploradores de cavernas e até para pequenos animais.

Neste capítulo sobre o gás carbônico, os autores não se aprofundam ou discutem os efeitos do aumento nas últimas décadas desse gás na atmosfera, apenas relatam que por causa desse aumento significativo sua quantidade passou a ser monitorada por cientistas americanos. E eles terminam o capítulo afirmando que o importante é encontrar um ponto de

equilíbrio entre produção e consumo, não é um problema simples e sua solução exigirá um esforço de todos.

Os gases da atmosfera além de suas funções na natureza podem funcionar como matéria-prima para indústrias químicas ou outros fins.

O nitrogênio produzido principalmente pela liquefação do ar é bastante utilizado, no seu estado gasoso aplica-se na indústria de aço (impede incêndios), na indústria alimentícia (evita a deterioração dos alimentos), na indústria farmacêutica (atmosfera inerte) e na comercialização de flores (condicionar as flores em embalagens com apenas nitrogênio, aumenta a durabilidade). No estado líquido ele é bastante utilizado para o congelamento de materiais moles e na preservação de materiais biológicos.

O oxigênio é utilizado na forma de gás pela indústria de aço, pois acelera o processo de oxidação de impurezas, em geral contidas no ferro fundido. Utiliza-se também para acelerar processos que necessitam da combustão. No estado líquido é usado em grande escala na indústria aeroespacial, componente do combustível empregue em foguetes.

Um dado importante do gás hélio citado no livro é que, misturado ao oxigênio, forma uma atmosfera propícia para mergulhadores submarinos e operários de túneis profundos. Ele é menos solúvel ao sangue do que o nitrogênio, este pode ocasionar formações de bolhas de nitrogênio no sangue, podendo resultar em narcose e morte por embolia.

Uma utilização comum para os gases raros (neônio, hélio, argônio entre outros) está no enchimento de tubos de anúncios luminosos, as chamadas lâmpadas néon.

Sobre a presença de outras substâncias na atmosfera, os autores escrevem que essas substâncias podem ser simples ou compostas, gases ou sólidos pulverizados e mesmo gotículas líquidas suspensas, além de esporos, bactérias e micro-organismos em geral.

O dióxido de enxofre (SO_2) é citado como sendo uma dessas outras substâncias, é o derivado de enxofre mais comumente encontrado na atmosfera. Pode ser originado através de atividades naturais ou antropogênicas. Consideram que as erupções vulcânicas possam ser fortes fontes desse gás. A combustão de material que tenha enxofre na sua composição também é uma fonte. A sua presença em escalas mais elevadas na atmosfera não é positiva, pode provocar danos aos seres vivos e interferir na transparência da atmosfera diminuindo a visibilidade.

Outros derivados do enxofre considerados estranhos na atmosfera e malcheirosos: sulfeto de hidrogênio (original da decomposição da matéria orgânica existente em certos tipos de solo, sedimentos e pântanos), mercaptanos (causa o escurecimento dos objetos de cobre e prata), e o sulfeto de dimetila (resulta da decomposição de um sal, contendo enxofre, produzido pelas algas para se manter em equilíbrio osmótico). Este último gás tem despertado a atenção dos pesquisadores, questiona-se que ele pode ser responsável pela formação de nuvens sobre os oceanos e afirma ser muito importante no ciclo do enxofre.

Fatores que podem levar o nitrogênio e o oxigênio reagirem entre si e produzirem óxidos de nitrogênio, como o monóxido (NO) e o dióxido (NO₂). O monóxido pode ser naturalmente produzido quando há descargas elétricas na atmosfera, produzidos por micro-organismos decompositores e principalmente pela combustão de derivados de petróleo em motores de explosão. Já o dióxido de nitrogênio, considerado entre os mais importantes componentes estranhos da atmosfera é responsável por poluentes bastante nocivos. De importância de estudo por especialistas, este gás é originado em sua maior parte pela oxidação do monóxido de nitrogênio.

A amônia é um derivado que contém nitrogênio e encontra-se em pequenas quantidades na atmosfera. Provém da fermentação de materiais orgânicos.

O metano (CH₄) é o mais simples hidrocarboneto. É produzido naturalmente nos pântanos, por fermentação da matéria orgânica. O metano é o segundo entre os que contribuem para o efeito estufa. Calcula-se que 70 % desse gás introduzido na atmosfera venha de fontes ligadas às ações humanas. Os aterros sanitários e áreas irrigadas por inundação, como as usadas para plantio de arroz também são fontes de produção do gás. E ainda mais, não se tem certeza, mas as regiões conhecidas como várzea na Amazônia podem ser grandes produtoras de metano.

O curioso é que ruminantes também são considerados grandes produtores desse gás, ficando atrás apenas das terras úmidas naturais e das áreas de cultivo de arroz.

O dióxido e o monóxido de carbono apresentam ações poluidoras. São oriundos da explosão dos motores de veículos.

Os aldeídos produzidos a partir dos motores de explosão a álcool também possuem ações poluentes.

Os autores afirmam que o ozônio (O₃) é formado a partir da ação da radiação ultravioleta com o oxigênio molecular. A sua quantidade na atmosfera é variável com a altitude, e está mais concentrado na estratosfera. A camada fina de ozônio tem o importante papel de absorver parte da radiação ultravioleta que chega ao nosso planeta.

No capítulo das grandes alterações da atmosfera é discutida a influência do homem através de suas atividades poluidoras em processos como: o aumento do efeito estufa, a destruição da camada de ozônio, nevoeiros e a chuva ácida. Entende-se que esses processos podem ser naturais, mas devido às atividades humanas, eles têm ganhado força e trazido consequências negativas para todo o planeta. Comenta-se aqui também sobre a Convenção do Clima que, com o intuito de tentar reduzir as emissões de gases estufa, governos de vários países se reuniram em 1992, durante a Rio-92. Porém não foram estabelecidas metas quantificadas de redução de emissões por país, e essa Convenção acabou não atingindo seu objetivo.

Com esse impasse, os países signatários da Convenção do Clima resolveram criar um mecanismo que impusesse metas quantificadas de redução de emissões. Isso foi feito em 1997, com a assinatura do Protocolo de Kyoto. De acordo com esse Protocolo, os países ricos têm o compromisso de reduzir emissões, devido aos seus históricos de emissões eles podem também utilizar os chamados mecanismos de mercado. Os mecanismos consistem no direito que países não responsáveis “vendam” sua emissão de gás carbônico para um país rico e responsável pela redução. Os países que vendem esse direito devem usar o dinheiro para desenvolver estudos e formas de redução do CO₂. Entretanto, os Estados Unidos, alegando perdas econômicas se recusam a assinar, e o protocolo não entra em vigor.

A camada de ozônio sofreu com a ação dos conhecidos CFC (clorofluorcarbonetos). Essa hipótese que os CFC causam danos a camada foi relatada pela primeira vez em 1974. Em 1985, porém, cientistas do levantamento Antártico Britânico notaram que a camada de ozônio vinha sendo parcialmente destruída, nos meses de setembro e outubro. Com essa misteriosa e repentina destruição os cientistas reacenderam a atenção do mundo para esse fato. Cientistas americanos foram estudar esse fenômeno e confirmaram que os componentes provenientes de CFC, bromo atômico e brometo de metila, eram os responsáveis pelo surgimento do buraco na camada. Sabe-se agora, que por características especiais da região Antártica, essas substâncias que atacam o ozônio permanecem por períodos maiores e assim, com tempo suficiente para ocasionar uma destruição maior.

Os autores reconhecem que a culpa da redução do ozônio na atmosfera em regiões não polares não se deve apenas pelos átomos de cloro e bromo, mas aos baixos teores recordes registrados após a erupção vulcânica do Monte Pinatubo em 1991, mostraram que outros fatores também podem acelerar a diminuição na quantidade desse gás na atmosfera.

A Convenção de Viena e o Protocolo de Montreal contribuíram com a diminuição do uso dos CFC, com uma postura mais comprometida os países se propuseram em substituir as substâncias causadoras da destruição do ozônio. Tem-se desenvolvido estudos que colaborem com o achado de substâncias não poluidoras. Os substitutos temporários dos principais halocarbonetos são os hidroclorofluorcarbonetos, são menos estáveis e podem se decompor na troposfera. A amônia, também como substituta, vem sendo utilizada na refrigeração, mas não é uma alternativa perfeita, alertam.

Existem algumas propostas de manejo para atenuar os efeitos negativos da atmosfera, como a redução do fluxo de energia solar através da injeção de aerossóis de sulfatos na estratosfera, introdução na estratosfera de um milhão de toneladas de diminutos balões de alumínio cheios de hidrogênio, a montagem de um espelho diáfano gigantesco posicionado entre o sol e a Terra, e a possibilidade de sequestro de gás carbônico e seu posterior armazenamento. Nesta última, a empresa Statoil vem desde 1996 armazenando em formações geológicas, o gás carbônico liquefeito.

O assunto sobre as grandes alterações da atmosfera se encerra apontando para o perigo de manipular a atmosfera, seja quais forem os métodos utilizados. É lógico que não se deve deixar de estudar as possibilidades de manejar o clima, mas sempre tendo em mente os terríveis riscos de ações inadequadas.

O transporte energético e de massas, ar e vapor d' água, estabelecem certas condições de temperatura e de umidade, que resultam em condições ambientais chamadas clima. Esses fenômenos meteorológicos determinam condições ambientais que dão origens a caracteres típicos da região, por exemplo, desertos, savanas e matas.

A energia térmica recebida do sol depende de alguns fatores na sua distribuição, pois o aquecimento da Terra e da atmosfera não é uniforme, são citados no livro os seguintes fatores: a latitude, a altitude em relação ao mar e o tipo de superfície (oceânicas e continentais). O processo mais eficiente de distribuição da energia térmica é através dos ventos.

A atmosfera está constantemente recebendo e perdendo energia solar, assim como a Terra. Essa energia é usada na movimentação do ar, na agitação de ondas, entre outros processos.

A presença de vapor d' água no ar traz uma propriedade à umidade, o seu teor no ar pode ser medido como umidade relativa ou umidade absoluta. A sua distribuição varia tanto verticalmente como horizontalmente. Cria também variações de ecossistemas e diferentes climas.

A acumulação de grandes massas de gotículas de água suspensas pela turbulência do ar leva à formação das nuvens. São classificadas em grupos de acordo com suas aparências de forma geral. São eles: *cirrus*, *cumulus*, *stratus* e *nimbus*. As nuvens desempenham a função do balanço energético do planeta, além de estarem envolvidas, é claro, com a precipitação e na formação de raios e relâmpagos.

Sobre a formação dos ventos é correto afirmar, de acordo com o texto, que o ar se desloca da região de maior pressão para outra de menor pressão. Nas regiões polares, o ar é frio, mais denso e exerce mais pressão, e nas regiões equatoriais, o ar é mais quente, menos denso e com menos pressão. Essas condições estabelecem um fluxo dos polos para o equador e do equador para os polos. Não se trata de um processo simples, pois é perturbado por outras variantes, como o relevo, tipo da superfície sobre a qual o ar se desloca e rotação da Terra.

A massa de ar que recobre o planeta não é fisicamente homogênea, mas é formada por grandes volumosos gasosos que adquirem temperatura e umidade do local onde se encontram. Quando um centro de baixa pressão se forma, os ventos convergirão para ele, vindos da periferia, formando um ciclone. Se ao contrário, o centro for de alta pressão, os ventos movimentarão do centro para a periferia formando um anticiclone. A inversão térmica é um tipo peculiar de massa de ar.

Tempo e clima são termos diferentes. Enquanto o clima é a sucessão e a distribuição média das condições de tempo em um dado local, tempo é a situação momentânea de um determinado local, pode apresentar alterações em curtos períodos.

Os autores também citam o El nino como uma importante interação que ocorre na América do Sul. Acarretando alterações do clima na região.

Eles também chamam a atenção para a necessidade de planejamento e projetos que avaliam o impacto ambiental, antes das atividades humanas ocuparem um determinado local.

A atmosfera além de ser importante para ocorrer vida na Terra, também é utilizada pelos seres vivos e pelo homem, como um meio para as realizações de função e atividades. A audição somente é possível pela existência do ar, pois nele ocorre a propagação das ondas sonoras, o voo, seja de animais e aeronaves, ocorre graças a presença da atmosfera.

Os autores encerram o livro com as considerações finais, onde apontam para a importância da ciência mostrar os melhores caminhos para que o ser humano viva e desenvolva a sua cultura e as suas fontes de produção de riqueza, sem poluir a atmosfera, e assim não prejudicar os seus semelhantes.

Inez dos Reis de Oliveira, professora de Ciências e Biologia, formada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

14. ZANON, L. B.; MALDANER, o A. (Orgs). *Fundamentos e propostas de ensino de Química para a Educação Básica no Brasil*. Ijuí: Unijuí, 2007.

QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO: Fundamentos, Pressupostos e o Fazer Cotidiano

Várias ideias foram inspiradoras para a elaboração desta proposta de abordagem. Ao trabalhar com professores que utilizam nosso material, algumas ideias construtivistas fundamentam nossa proposta com conceitos químicos. Uma ideia importante é que as concepções trazidas pelos alunos daquelas “cientificamente aceitas”. Com isso, os alunos são estimulados a explicitarem como estão pensando e a confrontarem seus pensamentos. Outras contribuições construtivistas importantes estão relacionadas à proposição de uma aprendizagem ativa. Em primeiro lugar é importante pensar nas oportunidades e enriquecer os significados do que se diz e pensa sobre Química. Não basta interagir com os alunos; é fundamental contemplar suas formas de pensar e falar com o professor, e dialogar com sua maneira de ver o mundo. Assumimos que aula de Química é espaço de construção do pensamento químico e de (re)elaborações de visões de mundo.

A própria ciência não é homogênea e pode oferecer múltiplas formas de ver o mundo. A noção de átomo não é única. Essa diversidade de visões chamamos de perfil conceitual e nos ajuda a entender essa heterogeneidade conceitual e a medida que se percorre esse perfil, qualquer conceito vai se tornando mais complexo e também mais racional. Procuramos

mostrar a ciência como uma construção humana, abordando fatos históricos que contribuíram para as mudanças e aprender química é aprender sobre a natureza dessa ciência, seus processos de investigação e seus métodos. Para contemplar pensamento do aluno e os diferentes contextos, é necessário que o programa seja bem dimensionado. Buscamos contemplar aspectos conceituais fundamentais, mas destacamos também as implicações sociais relacionadas.

Do ponto de vista didático destacamos três aspectos do conhecimento químico: fenomenológico (fenômenos de interesse da química), teórico (informações de natureza atômico molecular) e representacional (ferramentas simbólicas). O enfoque contextual sugerido nesta proposta pretende privilegiar a resolução de problemas abertos ao ressaltar uma Química que possa ajudar a formar cidadãos. Abordamos conceitos químicos diretamente relacionados aos contextos de aplicação, uma interação entre discurso da Química e o discurso cotidiano (automático e muito mais próximo da fala). Para que isso seja possível é necessário eleger alguns grandes temas que orientarão a seleção dos conceitos mais relevantes. Esse “diálogo” sempre ocorrerá na sala de aula e é fundamental que o aluno perceba que essa diferença não se restringe a um vocabulário técnico, mas se traduz em formas radicalmente diversas de construir a realidade. O ensino da Química tem dado ênfase a sistemas de classificação.

INTERAÇÕES E TRANSFORMAÇÕES – Química para o Ensino Médio: uma Contribuição para a Melhoria do Ensino

O Grupo de Pesquisa em Educação Química – Gepeq – surgiu com o intuito de oferecer alternativas aos professores de Química. As ações propostas do projeto foram pautadas em concepções construtivistas, mediante experiências diretas com o mundo físico e de suas interações sociais. O projeto “Interações e Transformações” foi elaborado em módulos temáticos e favorece-se com isso um maior compartilhamento de significados. Está organizado em duas fases: cinco módulos básicos (sequenciais) e quatro intercambiáveis (não sequenciais), todos acompanhados de seus respectivos guias do professor. O projeto procura ainda discutir o caráter dinâmico e mutável do conceito químico como maneira de promover a construção de uma visão mais crítica e dinâmica da Ciência. Para subsidiar o trabalho em sala de aula foram elaborados os guias do professor que acompanham cada livro.

O projeto “Interações e Transformações” vêm sendo aplicado em escolas da rede pública e particular de ensino. A aplicação do projeto é um processo que exige uma mudança de postura dos alunos diante de suas próprias aprendizagens. Neste tempo, os alunos costumam perceber a mudança de dinâmica das aulas. O Gepeq tem oferecido anualmente cursos para o estudo dos livros para professores interessados em conhecer ou aplicar o projeto.

QUÍMICA E SOCIEDADE: Ensinando Química pela Construção Contextualizada dos Conceitos Químicos

Desde 1980, educadores químicos brasileiros vêm trabalhando na proposição de novos currículos e materiais didáticos inovadores. Muitos outros projetos foram desenvolvidos que propunham aprendizagens mais significativas dos conceitos. Os resultados positivos alcançados estiveram associados a trabalhos de formação continuada. Está sendo desenvolvido na Universidade de Brasília, o Projeto de Ensino de Química e Sociedade – Pequis e dentre os livros produzidos está o livro “Química e Sociedade”. Esse projeto surgiu em 1996 e, desde então, os professores do Ensino Médio, que são coautores do livro, vêm utilizando o material em sala de aula. Já foram produzidas várias versões do material e as novas passaram por uma reorganização do conteúdo programático. A abordagem foi desenvolvida por meio de textos que buscam estabelecer relações com o conteúdo químico. A ordem geral dos conteúdos segue, em linhas gerais, os tópicos clássicos do conteúdo programático com os quais os professores estão acostumados. Os aspectos são discutidos em seções em destaque distribuídas ao longo de toda a unidade. Dentre as inovações introduzidas no material destaca-se a abordagem a partir de temas sociais diretamente vinculados aos conceitos estudados. Apesar de a proposta de temas geradores de Paulo Freire ser diferente da proposta do livro, a abordagem pode ser desenvolvida na perspectiva de contextualizar os temas no cotidiano do aluno. A proposta metodológica inclui uma reorganização dos conteúdos e a estabelecer uma abordagem fenomenológica no início do processo de elaboração conceitual. Com as atividades práticas busca-se a medição do conhecimento químico (parte-se do mais abstrato para o concreto). A Química é apresentada no livro como uma atividade essencialmente humana, com a perspectiva de apresentar o papel social da ciência. O livro vem sendo adotado em escolas públicas e particulares e um dos resultados é a mudança da prática pedagógica de alguns professores e projetos interdisciplinares sugeridos pelo livro. Apesar das limitações na proposta apresentada, ela veicula um modelo curricular que tem permitido que professores

explorem, de forma mais sistemática, aspectos sócio científicos de temas dentro do contexto curricular aos quais estão habituados.

A QUÍMICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: uma Proposta em Ação

Nas últimas décadas, a escola tem sido instada a modificar seus conteúdos, objetivos e metodologias de ensino. Para tal, é necessário repensar os conteúdos escolares e sua relação com a sociedade e com a vida concreta dos estudantes. A outra grande preocupação é quanto à extensão com que a Química vem sendo tratada a partir de um número excessivo de informações. A fragmentação no tratamento dos conteúdos de ciências também costuma ocorrer no interior de cada disciplina na tentativa de se promover o ensino de uma grande massa de conceitos e detalhes. Tivemos oportunidade de acompanhar as mudanças curriculares em quatro grandes sistemas de ensino privado do país. O trabalho realizado nessas escolas está sendo acompanhado por nós. O desafio que se apresenta é o de sermos capazes de estabelecer pontes entre fenômenos e processos naturais ou tecnológicos. A integração dos conteúdos decorre do compromisso maior de cada disciplina ou área do conhecimento com a realidade. Para promover o envolvimento dos estudantes com o aprendizado da Química e aproximá-los do interesse mantido pelos químicos, partimos do fato de que existe uma enorme diversidade de materiais e transformações que permeiam a vida cotidiana. O estudo da Química no ensino fundamental supõe um diálogo amplo e interdisciplinar com a Biologia e a Física. Assim, elegemos um conjunto de temas integradores, ideias importantes, conceitos e tópicos de conteúdos que julgamos ser estruturadores do pensamento científico para a área de ciências da natureza. Por fim, consideramos que é próprio da ciência elaborar modelos para explicar o que está aquém ou além de nossas possibilidades empíricas de reconhecimento e compreensão. O reconhecimento da diversidade dos materiais passa por reconhecer que as propriedades são diversas, que os materiais têm propriedades e usos diferentes, que eles podem se transformar em outros e que podemos fazer modelos da constituição dos mesmos para explicar essas propriedades.

A produção de novos materiais é uma expressão da capacidade humana de transformar a natureza. No ensino fundamental, é desejável que o estudo das reações parta de evidências macroscópicas que indicam a ocorrência de alguma transformação. A escolha dos conteúdos que fazemos corresponde à perspectiva de introduzir o estudante progressivamente no modo contemporâneo de pensar e interpretar os processos biológicos, físicos e químicos. Não são poucos os estranhamentos que essa proposta tem gerado.

Também não nos faltam colegas para nos cobrar um glossário. Um dos graves problemas do ensino de ciências é o excesso de definições e termos a serem memorizados e a aprendizagem de conceitos constitui elemento fundamental da aprendizagem das ciências. Ensinar ciências envolve ensinar os estudantes a construir argumentos baseados em evidências. É necessário introduzir os estudantes no universo dos fenômenos e do discurso argumentativo.

CURRÍCULO CONTEXTUALIZADO NA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS:

A Situação de Estudo

O movimento de produção curricular mediante parcerias entre professores de escolas e grupos de pesquisa de universidades torna-se, gradativamente, mais forte nos últimos anos no Brasil. A preocupação com a educação científica tornou-se, gradativamente, objeto de pesquisa no meio educacional nas três últimas décadas. Historicamente, no desenvolvimento dos conteúdos da área de ciências da natureza e suas tecnologias nos ensinos fundamental e médio instalou-se uma sequência cristalizada de conteúdos que, instituiu-se, devam ser ensinados em cada série. Pela influência e propostas alternativas e, mais recentemente, das orientações dos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), livros didáticos tradicionais passaram a inserir temas sociais, preocupações com o contexto, temas transversais, temas da atualidade e dos sistema produtivo. As manutenções das sequências didáticas tradicionais dificultam e mesmo impedem a implementação das mudanças desejadas e sempre apontadas nas orientações curriculares em nossa área. Os estudantes manifestam, de maneira clara, que eles não se empenham em estudar conteúdos que os currículos na sociedade contemporânea impõem. O mal-estar entre estudantes quanto a aprendizados científicos remete à qualidade dos conteúdos que lhes são ensinados, carentes de sentidos e significados na formação humana e profissional. A organização do currículo por meio das SEs produz uma nova forma de inclusão das Ciências na Educação Básica. Uma SE consiste num real estudado por um coletivo de pessoas em interação. As SEs problematizam visões simplistas de ciência e do seu ensino, consideram a dinamicidade dos processos de elaboração do conhecimento químico escolar como relação mediadora de saberes científicos e cotidianos. As SEs consideram novas exigências da sociedade tecnológica que mobilizam esforços, ampliando e complexificando demandas de novas práticas educativas. Se os velhos problemas se recolocam com avanços pouco significativos, as SEs apontam novas respostas ao desafio de promover a reforma curricular com a nova especificidade, relevância e papel social na Educação Básica. Com as SEs,

busca-se um ensino que cumpra o papel de desenvolver novas consciências, que promovam formas mais plenas de vida no contexto social, num “aprender Química”.

Cabe à escola o papel institucional e social de constituir os sujeitos nas formas culturais que determinado momento histórico exige. Essa vivência escolar pode vir a ser um grande obstáculo à mudança proposta no desenvolvimento do currículo por SEs. Os PCNEM propõem um Ensino Médio que proporcione aprendizados formativos para a vida. Propõem um aprendizado em Química a ser posto em prática no enquadramento de problemáticas reais, interdisciplinares por excelência. O que estamos apresentando aqui são resultados parciais de um trabalho dinamicamente realizado nos últimos anos, acompanhado pela pesquisa. A formação básica precisa cuidar da constituição dos sujeitos também na forma interdisciplinar, tornando-os capazes de decidir e propor mudanças responsáveis em situações reais. No desenvolvimento de uma SE é importante que a reflexão epistemológica sobre a produção de uma ciência e a sua validação esteja presente. Para superar a concepção fragmentada da disciplina, propõe-se como ideal que em cada SE, tenha-se em mente a visão de que cada disciplina precisa manter relativa independência para não ser afetada por atrasos e avanços de umas delas. Assim, a partir de uma situação real que será a base para a produção de uma SE, são identificados os conteúdos escolares a serem trabalhados mediante o uso de conceitos das disciplinas escolares envolvidas.

OBJETOS DE APRENDIZAGEM: um Recurso Estratégico de Mudança

Tendo como pano de fundo a problemática da mudança das práticas pedagógicas dos professores, pretende-se somar-se às propostas apresentadas nesta publicação, valendo-se sobre a possibilidade de inovação educativa. Desse modo, a inovação não é uma reforma qualquer, ao contrário, ela tem um caráter intencional na perspectiva de uma melhoria da ação educativa. Admitimos que as tecnologias podem ter diferentes implicações no processo educativo. Uma delas é inovar o processo de ensino, o outro é que podem significar simplesmente o uso de recursos mais sofisticados em velhas práticas educacionais. Não se trata de apenas introduzir a tecnologia na escola, mas sim acompanhar consciente e deliberadamente uma mudança de civilização que questiona profundamente as formas institucionais, as mentalidades e a cultura dos sistemas educacionais e os papéis de professor e de aluno. Novos modelos de espaços dos conhecimentos, o que pressupõe a necessidade de produção de novos conhecimentos para a teoria, a prática de ensinar. Nossa proposta não se

trata de repensar ou reformar currículos para a educação básica, mas a melhoria do ensino de Química pela exploração das tecnologias nos processos de ensino e aprendizagem.

Na perspectiva de inclusão digital e aprendizagem de informática para a formação cidadã, organizações não governamentais têm arrematado recursos humanos qualificados e recursos tecnológicos para concretizar uma ação mais efetiva em relação à informática na educação. O computador pode favorecer determinadas experiências de aprendizagem que permitam ampliar a pluralidade de abordagens, atender a diferentes estilos de aprendizagem e favorecer a construção de conhecimentos de tal forma que proporcione o avanço das funções psicológicas em vias de constituição. Um objeto de aprendizagem pode ser qualquer recurso digital que possa ser utilizado para apoiar a aprendizagem, portanto deve oferecer uma forma eficiente de facilitar o ensino e ser facilmente readaptado para satisfazer os diferentes tipos de usuários. Outro aspecto importante é o planejamento. Embora as novas tecnologias ofereçam cada vez mais recursos para a aprendizagem, um planejamento inadequado na apresentação do material multimídia pode ter implicações desde a desorientação do usuário até a sua desmotivação. Assim, para projetar objetos de aprendizagem, é necessário pensar em uma metodologia adequada para esse trabalho. O roteiro funciona como uma ferramenta de comunicação, uma vez que a produção envolve uma equipe interdisciplinar, sendo fundamental a interação entre as equipes na mediação de ideias do grupo da Química para o grupo da Computação. O uso de tecnologias no ensino pode propiciar, principalmente na área de Química, o contato com atividades e conteúdos que não seriam facilmente abstraídos pelos alunos senão por meios de um mecanismo que permitisse, ainda que virtualmente, visualizar um ambiente real no qual fosse possível tanto conhecer novos conteúdos quanto aplicar conhecimentos já adquiridos. Com relação aos objetos de aprendizagem, diferentes ferramentas computacionais podem ser empregadas, mas damos prioridade àquelas que permitam principalmente interatividade, baixa necessidade de recursos e portabilidade, para que se ganhe universalidade em atendimento aos anseios do público-alvo.

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA A PARTIR DE UM PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO PROFISSIONAL DE EDUCADORES (PDP)

O PDP objetiva a promoção do desenvolvimento e a valorização profissional dos educadores em exercício mais consciente e mais competente do magistério, em sintonia com as novas diretrizes da Educação Básica do país. A concepção inicial se deu em 1998, a partir

das melhores experiências de formação continuada de professores. O PDP não se resume a mais um curso de capacitação. É uma proposta que articula um conjunto de ações estratégicas destinadas à construção de conhecimentos e à qualificação profissional de educadores, promovendo a consciência profissional e aprimorar a qualificação técnico pedagógica dos participantes. Procurou aproveitar o que de melhor havia nas experiências anteriores de capacitação de educadores. Não se trata de uma proposta pronta e acabada, mas de um plano flexível comprometido com as finalidades de promover a valorização do educador e a elevação do seu nível de profissionalização. Considera que para que haja uma mudança efetiva nos professores é necessária uma ampliação dos seus conhecimentos de forma a elevar a sua capacidade analítica, crítica e prática. Tal convicção determina a estratégia de grupos e as metodologias de trabalho adotadas no PDP. Do ponto de vista pedagógico, buscou-se propiciar a cada participante a convicção de que a possibilidade de crescimento profissional e intelectual depende do gesto consciente de cada educador se colocar na posição de aprendiz. E, na qualidade de aprendiz, manter-se aberto para se apossar de meios novos para o conhecimento do desconhecido. O conhecimento exige essencialmente ação de espírito, criatividade, esclarecimento do obscuro, posição de orientador da aprendizagem de seus alunos. Este programa foi desenvolvido em 102 municípios, atingindo 220 escolas e 12000 professores e especialistas dos Ensinos Médio e Fundamental. Todas as propostas curriculares básicas apresentavam os seguintes itens: o sentido da disciplina e as razões da sua inclusão no currículo escolar, as diretrizes para o ensino da disciplina.

Para participar do PDP a condição indispensável era que o educador interessado estivesse integrado a um Grupo de Desenvolvimento Profissional (GDP). Cada GDP tinha um orientador, com a função de acompanhar e avaliar as atividades do grupo. O orientador é um profissional qualificado, com experiência na formação de educadores e com capacidade e sensibilidade para reconhecer como legítimos os problemas vivenciados.

A Química pode ser instrumento de formação humana que amplia os horizontes culturais e a autonomia no exercício da cidadania, se o conhecimento químico for promovido como um dos meios de interpretar o mundo e intervir na realidade. Além disso, é desejável que o aluno possa ter condições de julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos.

UM NÚCLEO DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS (NUPEC) E A MUDANÇA NOS PARÂMETROS DA FORMAÇÃO INICIAL E CONTINUADA DE PROFESSORES

As pesquisas construtivistas tinham o aluno como centro do processo pedagógico. Isso redundou na realização de muitos estudos e na produção de um vasto material didático destinado ao Ensino Médio. A partir da década de 80, as mudanças curriculares têm, no professor, a sua maior expectativa de sucesso. As conhecidas dificuldades enfrentadas pelos professores na realização de suas práticas docentes estão num contexto socioeconômico e cultural que não favorece as mudanças, por pequenas que elas sejam. Quanto à violência, os educadores padecem de um ensino de “mãos atadas” quando confrontados com situações atípicas do ideário escolar.

Vivemos em um mundo em que se exige uma maior e mais veloz capacidade de tomadas de decisão e no qual se torna cada vez mais difícil selecionar as informações, pelo seu excesso. Um mundo que impõe ao ser humano mais dinamismo e mais habilidades, em que a competição acirrada, para não ser eliminado das excludentes relações sociais, esquecem-se e deterioram os ideais de colaboração e solidariedade. As exigências do mercado são cada vez mais rígidas; a cobrança por um indivíduo autônomo, criativo e capaz de se sobressair nas situações inesperadas é cada vez maior. Na busca de ações realizam-se por todo o mundo workshops, conferências e estudos sobre o quadro situacional da educação. É importante destacar que a Constituição Federal de 1988, ao estabelecer a extensão progressiva da obrigatoriedade e gratuidade do ensino, sinaliza a importância atribuída à educação pela sociedade brasileira. Para consolidar o projeto de reforma curricular, o governo patrocinou em 1995 um encontro entre os representantes de vários ministérios e segmentos da sociedade civil. Esses esforços redundaram na elaboração de normativas legais, como a LDBEN 9394/96, que contempla as concepções neoliberais de educação, as DCNEM, os PCNEM entre outros.

Com o desenvolvimento do nosso estudo foi possível perceber o quanto os professores sentem-se “perdidos” em relação às mudanças curriculares. A imagem que nos transmite a nossa interação com os professores é que eles percebem a escolha alheia aos problemas sociais e econômicos, que eles veem a escola como mera transmissora de conhecimentos, e não conseguem, inclusive, atribuir objetivos aos conteúdos ministrados. No decorrer do nosso trabalho pudemos perceber que os professores não se posicionam contra as mudanças em si. Eles, não compreendendo o processo nem as suas causas, e pressionados a promover as mudanças na prática, sentem-se inseguros e angustiados. Disso emerge a necessidade não somente de modificar a formação inicial, mas de criação de grupos para discussão coletiva,

além de apoio pedagógico específico. Os professores precisam ser conquistados e reconquistados para a reflexão. Essa é a realidade, complexa, dinâmica cheia de incertezas. Nosso trabalho prossegue com a perspectiva de fortalecer esse elo criado entre a pesquisa acadêmica e a vida dos professores, fomentando também a inserção social da universidade.

APRENDER QUÍMICA: Promovendo Excursões em Discursos da Química

Aprender consiste em envolver-se em permanente reconstrução do já conhecido. Um aprender significativo solicita a ancoragem do já conhecido no ainda a conhecer. Reconstruir significados, implica conseguir atribuir novos sentidos às palavras já compreendidas a partir do discurso cotidiano, o que precisa ser concretizado pelo envolvimento em outros tipos de discurso, entre eles o discurso científico, e mais especificamente o da Química. As confrontações de diferentes pontos de vista que possibilitam as reconstruções ocorrem mais facilmente quando os aprendizes são envolvidos em processos produtivos conjuntos. As aprendizagens em Química, propostas aos educandos em sala de aula, necessitam partir de suas vivências e experiências, explorar seu cotidiano, evitando chegar a ele somente no final do processo. Explorar o aluno no ambiente de aula, trabalhar com suas falas nas atividades de classe. Quando é possível envolver a família e a comunidade dos alunos, as aprendizagens se ampliam ainda mais. Aprender Química é incluir nas reconstruções também os significados elaborados pela Química.

Entender o aprender como movimento reconstrutivo é aceitar que o conhecimento está sempre em reelaboração de significados, é aceitar que o conhecimento está sempre em movimento e que os pensamentos que conseguimos elaborar existem apenas no momento em que os produzimos. Aprender Química é conseguir envolver-se em modos de pensar dos especialistas da Química, conseguir formular pensamentos cada vez mais complexos sobre temas tratados por esta área das ciências. Aprender Química é desenvolver competências de usar a linguagem de modo cada vez mais complexo e fundamentado, produzindo pensamentos e argumentos dentro do discurso da Química com competência e habilidade. Assim, numa sala de aula de Química é importante incentivar os alunos a se envolverem em diálogos com uma diversidade de autores nos temas propostos para trabalho. Essa integração pode ser alcançada a partir de produções textuais coletivas, implicando não apenas ler e escrever, mas também dialogar sobre os textos produzidos, trazendo para o diálogo também uma diversidade de autores lidos. Aprender Química é habilitar-se a participar ativamente em conversas de

cientistas dessa área. As produções coletivas constituem excursões pela Química, possibilitando aprender como mover-se com competência nos discursos desta ciência.

A experimentação por si só ensina pouco ao sujeito. Somente consegue tirar proveito de um experimento o aluno que se envolve nele a partir da linguagem. É papel essencial do professor saber medir os processos de modo que todos se sintam desafiados a avançar em direção a conhecimentos, emoções e maneiras mais complexas de pensar.

MELHORANDO A PRÓPRIA ATIVIDADE DOCENTE POR MEIO DA PESQUISA – O Mestrado Profissionalizante e os Impactos em Contexto Escolar

Nas últimas décadas o Ensino de Ciências vem sendo objeto de críticas. Nesse cenário, o Instituto de Química da UnB tem-se preocupado com a Educação para a Ciência, especificamente para o ensino de Química. Diversas ações têm sido desenvolvidas, há anos, resultando em projetos de pesquisas e de extensão, produção de artigos e livros, desenvolvimento de materiais didáticos, apresentação de palestras, cursos e comunicações em congressos e realização de eventos voltados à formação continuada de professores dos Ensinos Fundamental e Médio. Desde a criação dos cursos noturnos de Licenciatura da UnB, emergiu a perspectiva de fortalecimento das respectivas áreas de ensino, principalmente as de Biologia, de Física, de Matemática e de Química. Com esse objetivo surgiu o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. A qualificação de professores pressupõe conhecimentos específicos nas áreas de Ensino de Química e de Física, o desenvolvimento de competências na análise crítica e no desenvolvimento de projetos e materiais curriculares de Ciências e na análise de sua prática pedagógica em sala de aula. O que se pretende e tem-se conseguido com este Mestrado é que seus alunos possam refletir ao longo do curso sobre a sua prática docente e que busquem novas práticas que resultem em mudanças no processo ensino aprendizagem de Química.

RESPONSÁVEIS PELA PUBLICAÇÃO

SECRETARIA DE FORMAÇÃO

Nilcéa F. Victorino
Magda Souza de Jesus

CEPES

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS
EDUCACIONAIS E SINDICAIS
Maria Izabel A. Noronha
Coordenadora

SECRETARIA DE COMUNICAÇÕES

Paulo José das Neves
Roberto Guido

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÕES

Rosana Inácio

DIAGRAMAÇÃO

Carlos Roberto F. dos Santos
Rosely Soares

ASSESSORIA DE FORMAÇÃO

Edson Roberto Nunes

SECRETÁRIA

Solange Cavalheiro
Produção da Secretaria de Formação

REVISÃO

Profa. Sandra Andréia Ferreira

DIRETORIA DA APEOESP – TRIÊNIO 2008/2011

DIRETORIA EXECUTIVA:

Presidenta: Maria Izabel Azevedo Noronha; Vice-Presidente: José Geraldo Corrêa Júnior; Secretário Geral: Fábio Santos de Moraes; Secretário Geral Adjunto: Odimar Silva; Secretária de Finanças: Luiz Gonzaga José; Secretária Adjunta de Finanças: Suely Fátima de Oliveira; Secretário de Administração e Patrimônio: Silvio de Souza; Secretário Adjunto de Administração e Patrimônio: Fábio Santos Silva; Secretário de Assuntos Educacionais e Culturais: Pedro Paulo Vieira de Carvalho; Secretário Adjunto de Assuntos Educacionais e Culturais: Carlos Ramiro de Castro; Secretário de Comunicações: Paulo José das Neves; Secretário Adjunto de Comunicações: Roberto Guido; Secretária de Formação: Nilcéa Fleury Victorino; Secretária Adjunta de Formação: Magda Souza de Jesus; Secretário de Legislação e Defesa dos Associados: Francisco de Assis Ferreira; Secretária Adjunta de Legislação e Defesa dos Associados: Zenaide Honório; Secretário de Política Sindical: João Luis Dias Zafalão; Secretária Adjunta de Política Sindical: Eliana Nunes dos Santos; Secretária de Políticas Sociais: Francisca Pereira da Rocha; Secretário Adjunto de

Políticas Sociais: Marcos de Oliveira Soares; Secretária para Assuntos de Aposentados: Sílvia Pereira; Secretário Adjunto para Assuntos de Aposentados: Gilberto de Lima Silva; Secretária Geral de Organização: Margarida Maria de Oliveira; Secretário de Organização para a Capital: José Wilson de Souza Maciel; Secretário de Organização para a Grande São Paulo: Douglas Martins Izzo; Secretário de Organização para o Interior: Ezio Expedito Ferreira Lima; Secretário de Organização para o Interior: Ederaldo Batista.

DIRETORIA ESTADUAL:

Ademar de Assis Camelo; Aladir Cristina Genovez Cano; Alberto Bruschi; Alex Buzeli Bonomo; Ana Lúcia Santos Cugler; Ana Paula Pascarelli dos Santos; Anita Aparecida Rodrigues Marson; Antonio Carlos Amado Ferreira; Antonio Jovem de Jesus Filho; Ariovaldo de Camargo; Ary Neves da Silva; Benedito Jesus dos Santos Chagas; Carlos Alberto Rezende Lopes; Carlos Barbosa da Silva; Carlos Eduardo Vicente; Carmen Luiza Urquiza de Souza; Cilene Maria Obici; Deusdete Bispo da Silva; Dorival Aparecido da Silva; Edgard Fernandes Neto; Edith Sandes Salgado; Edna Penha Araújo; Eliane Gonçalves da Costa; Elizeu Pedro Ribeiro; Emma Veiga Cepedano; Fernando Borges Correia Filho; Fláudio Azevedo Limas; Floripes Ingracia Borioli Godinho; Geny Pires Gonçalves Tiritilli; Gerson José Jório Rodrigues; Gisele Cristina da Silva Lima; Idalina Leles de Freitas Souza; Inês Paz; Janaina Rodrigues; Josafa Rehem Nascimento Vieira; Jose Luiz Moreno Prado Leite; José Reinaldo de Matos Leite; Josefa Gomes da Silva; Jovina Maria da Silva; Jucinéa Benedita dos Santos; Juvenal de Aguiar Penteado Neto; Leandro Alves Oliveira; Leovani Simões Cantazini; Lindomar Conceição da Costa Federighi; Luci Ferreira da Silva; Luiz Carlos de Sales Pinto; Luiz Carlos de Freitas; Luiz Cláudio de Lima; Luzelena Feitosa Vieira; Maisa Bonifácio Lima; Mara Cristina de Almeida; Marcio de Oliveira; Marcos Luiz da Silva; Maria José Carvalho Cunha; Maria Lícia Ambrosio Orlandi; Maria Liduina Facundo Severo; Maria Sufaneide Rodrigues; Maria Teresinha de Sordi; Maria Valdinete Leite Nascimento; Mariana Coelho Rosa; Mauro da Silva Inácio; Miguel Leme Ferreira; Miguel Noel Meirelles; Moacyr Américo da Silva; Orivaldo Felício; Ozani Martiniano de Souza; Paulo Alves Pereira; Paulo Roberto Chacon de Oliveira; Ricardo Augusto Botaro; Ricardo Marcolino Pinto; Rita de Cássia Cardoso; Rita Leite Diniz; Roberta Lara Maria Lima; Roberta Maria Teixeira Castro; Roberto Mendes; Roberto Polle; Ronaldi Torelli; Sandro Luiz Casarini; Sebastião Sérgio Toledo Rodovalho; Sergio Martins da Cunha; Solange Aparecida Benedeti Penha; Sonia Aparecida Alves de Arruda; Stenio Matheus de Moraes Lima; Suzi da Silva; Tatiana Silvério Kapór; Telma Aparecida Andrade Victor; Teresinha de Jesus Sousa Martins; Tereza Cristina Moreira da Silva; Uilder Cácio de Freitas; Ulisses Gomes Oliveira Francisco; Vera Lúcia Lourenço; Vera Lúcia Zirnberger; Wilson Augusto Fiúza Frazão.

