



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Danilo Pereira Mendes de Queiroz**

**ANÁLISE DA CONTEXTUALIZAÇÃO NOS LIVROS  
DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO PNL D 2018  
REFERENTE AO TEMA EQUILÍBRIO QUÍMICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Brasília – DF**

**1.º/2021**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Danilo Pereira Mendes de Queiroz**

**ANÁLISE DA CONTEXTUALIZAÇÃO E COTIDIANO  
NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO PNLD  
2018 REFERENTE AO TEMA EQUILÍBRIO QUÍMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

**Orientador: José Roberto dos Santos Politi**

**1.º/2021**

## ***DEDICATÓRIA***

Dedico este trabalho aos meus pais, tios e irmão que me apoiaram e incentivaram durante cada batalha da minha vida.

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador Dr. José Roberto dos Santos Politi, professor da Divisão de Físico-Química que fez esta parceria com a Divisão de Ensino de Química ao orientar o presente trabalho de licenciatura.

Aos meus colegas de trabalho da Sala de Ciências do SESC, Diogo Bacellar e Marília Gontijo Machado de Oliveira, por terem dado suporte na estrutura e desenvolvimento do trabalho.

A minha noiva Érica Maillane César Ribeiro, com quem vivi durante a quarentena nestes momentos difíceis da pandemia da Covid-19.

Ao Arthur Ferreira Sardinha, que mesmo durante a pandemia, tornou a secretaria do Instituto de Química acessível de forma rápida e eficaz.

A equipe docente da Universidade de Brasília por ter guiado meus passos na graduação, especialmente os professores Evelyn Jeniffer de Lima Toledo, Eduardo Luiz Dias Cavalcanti e Ricardo Gauche.

Ao meu amigo de Ensino Médio e também colega da universidade Pedro Henrique Ribeiro Da Silva, que me incentivou a fazer o vestibular e ingressar na UnB.

Aos meus amigos que conheci na Universidade de Brasília e contribuíram com apoio, carinho e que estudaram junto comigo nas horas mais difíceis da graduação, Alessandro Almeida de Souza, Natan Andrade da Guia, Nathalia Cristina Moreira de Jesus Lopes e Thauane da Silva.

## SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	<b>7</b>
<b>Capítulo 1 – Revisão Bibliográfica</b> .....	<b>10</b>
<b>Capítulo 2 – Metodologia</b> .....	<b>17</b>
<b>Capítulo 3 – Análise</b> .....	<b>21</b>
3.1 – Análise do Conteúdo.....	21
3.2 – Análise da Contextualização.....	23
<b>Considerações Finais</b> .....	<b>30</b>
<b>Referências</b> .....	<b>31</b>
<b>Apêndices</b> .....	<b>33</b>
Apêndice 1 – Descrição do Livro A: Química volume 2 da autora Martha Reis.....	33
Apêndice 2 – Descrição Completa do Livro B: Química Cidadã volume 2 dos autores Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól.....	40
Apêndice 3 – Descrição Completa do Livro C: Química volume 2 dos autores Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado.....	45
<b>Anexos</b> .....	<b>49</b>
Anexo 1 – Lenta agonia sob as águas.....	49
Anexo 2 – Amônia.....	51
Anexo 3 – Turismo, agricultura e a degradação dos corais.....	55
Anexo 4 – Retomando a Notícia.....	57
Anexo 5 – Ilha na Itália dá pista sobre futuro ácido dos oceanos.....	59
Anexo 6 – Fenômenos do cotidiano que envolvem equilíbrios.....	61
Anexo 7 – Efeito tampão nos oceanos.....	63
Anexo 8 – Alcalose e acidose.....	65
Anexo 9 – Retomando a Notícia.....	67
Anexo 10 – Compreendendo o Mundo.....	69
Anexo 11 – Poluição das águas.....	71
Anexo 12 – Algumas ações com interferência nos recursos hídricos.....	73
Anexo 13 – Participação cidadã.....	74
Anexo 14 – Exercícios 75 e 77.....	76
Anexo 15 – Ácidos e bases na linguagem cotidiana.....	78
Anexo 16 – Condições que afetam o estado de equilíbrio químico.....	79
Anexo 17 – O comportamento químico dos oceanos e os sistemas-tampão.....	81
Anexo 18 – Equilíbrio químico no sangue?.....	83
Anexo 19 – Questões 47 e 73.....	85

## ***RESUMO***

O Equilíbrio Químico é um conteúdo muito importante para a formação dos estudantes do Ensino Médio, no entanto, geralmente os alunos têm muita dificuldade em aprender. Acreditamos que com o uso da contextualização e de exemplos do cotidiano do aluno é possível mudar essa realidade. Mas antes disso, é necessário discutir o surgimento e o significado desses dois termos que muitas vezes são usados erroneamente como sinônimos pelos profissionais da educação. Este trabalho tem o objetivo de analisar de forma crítica o uso da contextualização no ensino de Equilíbrio Químico em três das seis obras aprovadas no Programa Nacional do Livro e do Material Didático 2018. Sendo assim, foram analisadas 3 das 6 obras aprovadas e verificou-se diferentes temáticas, que no geral envolvem o Equilíbrio Químico presente nos oceanos e o seu impacto na vida marinha. Espera-se que este trabalho contribua para aprimorar o ensino do Equilíbrio Químico e funcione como material de apoio na escolha de um livro didático.

**Palavras-chaves:** Equilíbrio Químico, Contextualização, Cotidiano

## Introdução

A compreensão do conceito de Equilíbrio Químico (EQ) é fundamental para a ciência e tecnologia do mundo contemporâneo, pois impacta muitas áreas, desde sua aplicação em laboratórios de pesquisa até grandes indústrias. O EQ está diretamente ligado à economia de alguns países, considerando que a produção de muitos produtos depende da manipulação do EQ de forma a maximizar o rendimento. (ATKINS; JONES, 2012).

O ensino de Química, em particular do EQ, pode ser muito aprimorado a partir de uma situação problematizadora que induz a reflexão e a construção do conhecimento químico que se pretende apresentar. Um exemplo muito utilizado no ensino de Química explora o impacto do EQ na sociedade que ocorreu na Primeira Guerra Mundial. Muitos países investiram em formas de obter nitrogênio, componente fundamental na produção de explosivos e também na agricultura. Na época, o nitrogênio era obtido a partir de jazidas de salitre no Chile mas já não atendia a demanda mundial, o que encarecia o custo deste produto. Desta forma, se tornou muito importante desenvolver um processo que conseguisse extrair o nitrogênio do ar, afinal, este representa 78% da composição da atmosfera. Fritz Haber, um químico alemão, encontrou uma forma econômica e eficaz de produzir amônia em grande escala, partindo do nitrogênio do ar. Este processo envolve o controle do EQ e historicamente revolucionou a agricultura e as indústrias. (ATKINS; JONES, 2012).

Além de acontecimentos históricos que envolvem o EQ, fenômenos simples do cotidiano também são usados. Por exemplo, ao abrir uma garrafa de bebida gaseificada, o gás  $\text{CO}_2$  é liberado pela diminuição de pressão. Quando ingerido, logo manifesta-se a vontade de eructar (arrotar), devido ao efeito do aumento da concentração de hidrônio, presente no estômago. Outro fator que contribui para a

liberação de dióxido de carbono é o aumento da temperatura, já que o interior do corpo humano possui temperatura mais alta que a do ambiente (REIS, 2012).

A partir desses exemplos, verificamos ser possível lançar mão de fenômenos de várias naturezas (cotidiano, histórico, tecnológico etc) no ensino de Química. No entanto, o uso de exemplos por si só não é suficiente para indicar o uso de contextualização no ensino de Química. Outros aspectos devem estar presentes para que seja possível caracterizar a contextualização. Estes aspectos serão apresentados e discutidos no capítulo 1 – Revisão Bibliográfica.

Por sua vez, os conteúdos de Química que são ensinados no ensino médio apresentam particularidades que trazem desafios específicos para cada tema abordado. No que se refere ao EQ, tive a oportunidade de vivenciar a dificuldade em ensinar esse tema quando desempenhei atividades docentes como bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) e também nos estágios obrigatórios do curso de Licenciatura em Química. Essa dificuldade já começa com o mais básico que é o significado da palavra equilíbrio. No cotidiano e na maioria dos dicionários, ela é definida como um corpo estático no qual o somatório das forças será igual a uma resultante nula. Desta forma, quando se pensa na palavra equilíbrio, é mais comum imaginar algo estático ou uma balança de pratos e não um objeto em movimento. Esta definição influencia o conhecimento prévio de alunos que associa o EQ de uma reação a partículas das substâncias em repouso. Além disso, uma reação química em equilíbrio é representada por uma seta dupla que indica o sentido da reação direta e inversa. Este símbolo assemelha a um sinal de igualdade numérica, portanto, não é raro situações em que o estudante pensa que, no ponto de EQ, as concentrações dos reagentes e produtos sempre serão iguais.

Outros problemas envolvendo o ensino de EQ são relatados por uma professora do Ensino Médio.

É, o equilíbrio químico é como “uma bomba” que está em nossas mãos, em relação ao conteúdo, porque às vezes a gente pega uma turma no 2º ano, e é como dizer que o professor mente, porque, no 1º ano, o professor trabalha com aquela química básica, e fica bem

explicado o que é um reagente e o que é um produto lá, beleza. Depois, no 2º ano, a gente segue, mas o que era reagente aqui, agora é o produto lá, e o produto lá, agora é reagente, aqui, então, o que valia antes, agora não vale mais? De repente chega o equilíbrio químico e a gente diz: “não gente, não é reagente aqui e produto lá”. Daí, dá um nó na cabeça. E uma coisa que, na verdade, a gente deveria, no nosso planejamento, é parar para pensar como se pensa na Química, não simplesmente essa matemática. Começar desde o final do ensino fundamental, que existe uma outra forma de isso ser explicado e representado. Tá na hora da gente repensar essa questão, o fato de falar sobre essas explicações representações, porque todos os livros falam essa mesma coisa (LEITE; CADONÁ; ZANON, 2013, p. 2).

Na fala da professora, observa-se uma espécie de “contradição” entre o que o professor explica no primeiro ano e o que explica no segundo, ela ressalta também a necessidade de repensar no que vai ensinar desde o ensino fundamental, de uma forma que o professor não precise entrar em discordância, afinal, “todos os livros falam a mesma coisa”.

Nesses exemplos, fica claro que, muitas vezes, é preciso desmontar conhecimentos prévios que os alunos têm sobre EQ. O mais dramático, nesses exemplos, é que alguns dos conceitos a serem desmontados são apresentados já dentro do ensino de Química.

Dito isto, o presente trabalho tem o objetivo de analisar a contextualização e seu impacto no conteúdo apresentado em 3 livros do Programa Nacional do Livro e do Material Didático 2018 com relação ao tema Equilíbrio Químico.

## Capítulo 1 – Revisão Bibliográfica

O Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) foi criado pelo Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017, a partir do Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE) e do antigo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Mesmo com a nova nomenclatura, a sigla permanece a mesma (PNLD), mas agora o programa também inclui outros tipos de recursos como softwares, jogos educacionais entre outros materiais de apoio educacional (BRASIL, 2021).

Ainda segundo o site do ministério da educação (2021), a aprovação dos materiais é feita de forma alternada, sendo que, os quatro segmentos são avaliados: educação infantil, primeiros e segundos anos do ensino fundamental e por fim o ensino médio. A compra e distribuição dos livros selecionados são de responsabilidade do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). O ministério da educação não disponibiliza as obras para o público externo em um acervo físico, tampouco em formato digital para *download*.

Para serem aprovados, os livros devem obedecer aos critérios estabelecidos pelo Edital de Convocação para o Processo de Inscrição e Avaliação de Obras Didáticas Para o Programa Nacional do Livro Didático PNLD 2018.

Uma das regras importantes é o limite de páginas máxima, a qual, no componente curricular de química, são 288 páginas para o livro do estudante e 388 para o livro do professor. Como este trabalho tem o objetivo de analisar a contextualização no ensino de Equilíbrio Químico, se torna muito importante destacar o critério de eliminação comum a todas as áreas.

### **2.1.5. Correção e atualização de conceitos, informações e procedimentos**

Respeitando tanto as conquistas científicas das áreas de conhecimento representadas nos componentes curriculares quanto os princípios de uma adequada transposição didática, serão excluídas as obras que:

**a.** apresentarem de modo incorreto, descontextualizado ou desatualizado conceitos, princípios informações e procedimentos;

b. utilizarem de modo incorreto, descontextualizado ou desatualizado esses mesmos conceitos e informações, em textos, exercícios, atividades, ilustrações ou imagens. (BRASIL, 2015, p. 34).

Nota-se que a descontextualização, tanto em questões como em textos, ou até mesmo em imagens, é um fator eliminatório para a avaliação dos livros do PNLD 2018. Esses critérios são consequências de diversos estudos contemporâneos que, visando fomentar a alfabetização científica daqueles que estudam, salientam a necessidade de contextualizar o ensino. Para reforçar essa necessidade na área de ciências da natureza, o edital PNLD 2018 informa que:

De acordo com as atuais Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza, juntamente com as demais áreas curriculares, deve-se articular às finalidades atribuídas a essa etapa de escolaridade, preocupando-se com o aprimoramento do jovem como ser humano, ou seja, com a sua formação para o exercício de autonomia intelectual e para a participação ativa, crítica, ética e responsável na sociedade, bem como, com a sua preparação para o mundo do trabalho.

Nesse sentido, a contextualização e a interdisciplinaridade são propostas como premissas básicas para orientar a organização curricular e o desenvolvimento das atividades didático-pedagógicas correspondentes a essa etapa de escolaridade. (BRASIL, 2015, p. 51).

Mais uma vez, tem-se a contextualização como palavra chave para a formação do cidadão crítico, ético e responsável. No entanto, esse termo foi se popularizando somente no ano 2000 com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Era uma época de grandes avanços tecnológicos, políticos, sociais e industriais. Essas transformações exigiam uma escola que pudesse inserir os alunos em um “novo mundo” e o PCN salientava isso logo em sua apresentação: “Tínhamos um ensino descontextualizado, compartimentalizado e baseado no acúmulo de informações. Ao contrário disso, buscamos dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização” (BRASIL, 1999, p. 4). Desta forma, a partir dos anos 2000, a contextualização tornou-se o intermédio entre os conceitos e o aprendido.

Voltando para os dias de hoje, o edital do PNLD 2018 é ainda mais específico quanto aos princípios e critérios de avaliação para a área de Ciências da Natureza, determinando os seguintes quesitos para as obras:

Visando à aprendizagem efetiva desses conceitos, as obras didáticas devem romper com um enfoque compartimentalizado ou mesmo linear no seu tratamento didático, buscando, sempre que possível, situar ou utilizar tais conceitos em diferentes contextos e/ou situações da vivência cotidiana. Tais cuidados e procedimentos favorecem a construção, por parte dos estudantes, de sistemas conceituais mais integradores. No entanto, deve-se enfatizar que favorecer uma compreensão articulada de fenômenos naturais ou de processos tecnológicos não implica adotar uma visão de dissolução das disciplinas acadêmico-científicas, tampouco assumir uma postura de dissolução estrita dos componentes curriculares, tal como descritos nas Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2015, p. 52).

Portanto, os livros precisam contextualizar problemáticas em um determinado tema e não somente os conceitos químicos, mas também os humanos, sociais, culturais e econômicos, assim cabendo a interdisciplinaridade. É muito comum pensar que para contextualizar é necessário fazer uma redução da teoria científica, pois, ao apresentar uma problemática, é necessário mais tempo, tanto para ler quanto para discutir aspectos interdisciplinares. No entanto, é notório que o PNLD 2018 desaprova esta prática ao informar que a contextualização não implica em dissolução das disciplinas. Além disso, é visível que o critério acima diferencia o contexto e vivência cotidiana. Dito isto, é conveniente discutir contexto e cotidiano.

Para Wartha, Silva e Bejarano (2013), os conceitos dessas palavras são muito complexos e os professores frequentemente usam o cotidiano como sinônimo de contextualização. Nesse trabalho, é relatado que alguns professores entendem por cotidiano o uso de exemplos e menções de fenômenos que ocorrem no dia a dia das pessoas, mesmo que muitas vezes fossem apenas exemplos vagos sem nenhuma problemática envolvida. Vale lembrar que, o que é corriqueiro para uma pessoa, pode não ser para outra, p.e., dois alunos de uma mesma escola podem ter realidades bem distintas. Para um desses alunos, a internet e videogames fazem parte do cotidiano. Em contraste, outro aluno de maior vulnerabilidade social, sequer

possui uma televisão em casa. Olhando sob esta ótica, escrever um livro didático que se adeque ao cotidiano de todos os estudantes brasileiros é uma tarefa praticamente impossível.

Lutfi foi um dos primeiros autores a defender uma abordagem mais problematizadora, envolvendo aspectos sociais e políticos do cotidiano (LUTFI, 1988; 1992 apud WHARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013, p. 85). Após os Parâmetros Curriculares Nacionais, a palavra cotidiano, cada vez mais, foi sendo substituída por contextualização nos documentos oficiais, essa pode ser uma das razões para os profissionais da educação terem começado a usar esses termos como sinônimos.

Diante de tanta ambiguidade, alguns autores estudaram e definiram o significado das palavras. Segundo Heller (1989), o cotidiano é formado por situações e ações do dia a dia de uma pessoa. Muitas vezes o indivíduo, diante de tais situações, não aplicou um pensamento reflexivo, crítico, tampouco científico. Nesta perspectiva, uma panela de pressão pode fazer parte do cotidiano do indivíduo, na qual cozinham o alimento dentro dela, sabendo que seu uso reduz o tempo de cozimento. No entanto, o cidadão pode não ter consciência de que o tempo reduz porque a pressão sobre a água aumenta o ponto de ebulição, culminando em uma temperatura maior do que se teria em uma panela comum. Neste caso, o cidadão, ainda assim, tinha consciência do objetivo que era acelerar o tempo de cozimento, mas não associou este fenômeno nem ao conhecimento científico nem a outros como a economia feita devido a redução do tempo de cozimento. Durante a pandemia de Covid-19, muitas pessoas usam máscara porque houve determinação por uma autoridade, mas o fazem de forma errada, seja com o nariz exposto ou com ela no pescoço etc. Isto mostra que a máscara passou a fazer parte do cotidiano dos indivíduos, mas sem a compreensão sobre sua necessidade, função e importância sanitária e social. Neste exemplo, as pessoas agem conforme um comportamento generalizado, imposto pelas autoridades, sem uma compreensão racional, e sem a percepção do impacto da sua conduta na sociedade, o que torna a ação menos efetiva.

Diferente do cotidiano, a contextualização não é um simples exemplo vago de situação do dia a dia, mas um princípio norteador do pensamento crítico em diversas

áreas, implementando interdisciplinaridade e também reflexões políticas, sociais e ambientais. Portanto, a ligação para este pensamento crítico é a problematização no ensino. Nas palavras de Wharta, Silva e Bejarano (2013, p. 90 ):

[...] a contextualização é visivelmente o princípio norteador para o ensino de ciências, o que significa um entendimento mais complexo do que a simples exemplificação do cotidiano ou mera apresentação superficial de contextos sem uma problematização que de fato provoque a busca de entendimentos sobre os temas de estudo. Portanto, contextualização não deveria ser vista como recurso ou proposta de abordagem metodológica, mas sim como princípio norteador.

Uma aula pode ser contextualizada quando o professor traz problemáticas como a poluição de rios, descarte inadequado do lixo no ambiente, desmatamento em áreas urbanas e rurais, entre outros, ainda que esses temas não afete diretamente o aluno, mas que são importantes para a localidade em que vive, sua cidade, seu país ou para toda a humanidade.

Vasconcelos, Araújo e Matoss (2016) publicaram uma pesquisa sobre a contextualização no ensino de Equilíbrio Químico. Foram avaliados o desempenho de 6 turmas de segundo ano do Ensino Médio do Colégio da Polícia Militar do Ceará General Edgard Facó. O conceito de Equilíbrio Químico foi apresentado em 4 turmas de forma contextualizada enquanto que em 2 turmas esse conceito foi apresentado de forma não contextualizada. Apesar dos autores da pesquisa utilizarem o conceito de contextualização na acepção de cotidiano, a diferença entre os resultados das avaliações foi impressionante, sendo que os estudantes que estudaram de forma não contextualizada obtiveram média de 6,12 pontos em um máximo de 10 pontos e os que tiveram o contexto aplicado conseguiram média 9,17 pontos sob a mesma base. Além disso, houve uma redução de 53% no desvio padrão, evidenciando uma maior constância nas notas dos alunos que estudaram por contextualização.

Conclui-se que a contextualização, mesmo com textos que focam mais no cotidiano, tem resultados promissores no ensino do Equilíbrio Químico, não somente pela capacidade de atrelar o conceito a outras disciplinas, mas também por instigar

a curiosidade e despertar o interesse dos alunos. Os autores da pesquisa, Vasconcelos, Araújo e Matoss (2016, p. 77), consideraram que:

Os resultados evidenciaram que quando um determinado assunto é desenvolvido utilizando-se da contextualização e da interdisciplinaridade há um maior interesse e melhor desenvolvimento por parte dos alunos. Através das respostas dos discentes ao questionário, inferiu-se que os mesmos passaram a ter melhor clareza do significado de equilíbrio químico e maior facilidade para representar adequadamente os exemplos quando existe uma contextualização do assunto. O contexto mais próximo e mais facilmente explorável para dar sentido aos tópicos do processo de aprendizagem é o do dia a dia e o da convivência pessoal. No que diz respeito ao processo de ensino/aprendizagem as respostas deixaram claro que os discentes gostariam que suas aulas fossem mais contextualizadas e que trouxessem para a sala de aula fatos correlacionados com seu dia a dia.

Fica claro que uma abordagem contextualizada não ajuda apenas o professor lecionar, mas também ajuda o aluno a entender e se interessar pela disciplina de Química, afinal, de que adiantaria aprender tanto conteúdo e ter a impressão de que está estudando apenas números e fórmulas químicas que nada tem a ver com o mundo real?

No entanto, os conceitos de Química muitas vezes são abstratos à primeira vista e isso é algo que já distancia o aluno (PONTES et al., 2008). A contextualização é o princípio norteador que dá sentido para estudar essa abstração, mas se a temática escolhida também for algo distante da realidade do aluno, terão dois obstáculos diante dele. Isso pode ser evidenciado nos resultados de uma pesquisa que Pontes et al. (2008) fez com professores e alunos de escolas públicas em Belém, capital do Estado do Pará:

Os dados obtidos pela análise dos questionários aplicados indicam que 62,06% dos professores afirmam utilizar a contextualização de conteúdos em suas aulas. A mesma pergunta foi lançada a alunos das três séries do ensino médio. No primeiro ano, os alunos afirmam que apenas 44,20% dos professores contextualizam os conteúdos que ministram, no segundo ano apenas 27,58% e no terceiro 34,48%. Se fizermos uma média das respostas dos alunos dos três anos, vamos obter o valor de 35,42%, ou seja, existe uma contradição em relação ao que os professores e alunos

falam sobre a pergunta em questão. Em outras palavras, a contextualização de conteúdos assume diferentes significados tanto para o aluno quanto para o professor. Muitas vezes os alunos podem não conhecer o significado do que seria contextualizar, no caso dos professores, muitos acabam ficando presos ao uso do livro didático, os quais geralmente são escolhidos sem levar em consideração a vivência de mundo do alunado (PONTES et al., 2008, p. 7-8).

Considerando que a porcentagem de professores que afirmaram usar contextualização é quase o dobro da porcentagem descrita pelos alunos, um dos motivos que podemos considerar para tal resultado é que a contexto não se aplica a realidade do aluno, de forma que a problemática se torna tão abstrato quanto o conceito científico.

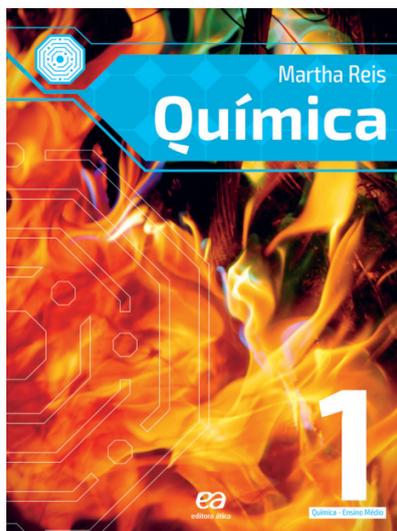
Outro fato muito importante levantado por Pontes (2008) foi o fato de os professores ficarem “presos ao uso do livro didático”. Ao invés de os professores adotarem os livros, erroneamente eles se deixam ser adotados pelo material didático (GERALDI, 1993 apud GÜLLICH; SILVA, 2013). Desta forma, o saber do professor é tudo que está no livro e este passa a ser o detentor do conhecimento ao invés do vice versa.

Considerando as orientações do PNLD 2018 e o conceito de contextualização, este trabalho tem o objetivo de analisar de forma crítica o uso da contextualização no ensino de Equilíbrio Químico e seu impacto na quantidade de tópicos deste componente abordado em três das seis obras aprovadas no edital PNLD 2018 e.

## Capítulo 2 – Metodologia

O edital PNLD 2018 foi escolhido por ser o mais recente que avaliou livros do ensino médio na data em que este trabalho iniciou-se. Foram escolhidos 3 das 6 obras aprovadas da matéria Química. A escolha foi feita por uma preferência pessoal, pois estes foram os livros utilizados na regência do meu estágio obrigatório feito nas escolas Centro de Ensino Médio 3 e Centro de Ensino Médio 4, ambas da Ceilândia. Abaixo segue as obras que foram analisadas neste trabalho. Vale ressaltar que a foto que ilustra a coleção analisada é da capa do volume 1 de cada coleção que não é necessariamente o volume que apresenta o EQ:

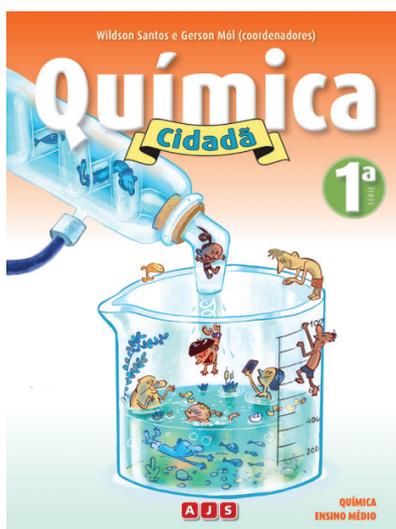
**Figura 1 - Capa do livro de química volume 1 da coleção Martha Reis.**



Fonte: <PNLD 2018> GUIA DE LIVROS DIDÁTICOS ENSINO MÉDIO (2017).

Na coleção da autora Martha Reis, foi analisado os capítulos 8 e 9 do volume 2 (p. 174-235) intitulados “Equilíbrios moleculares” e “Equilíbrios Iônicos, pH e Kps”, respectivamente.

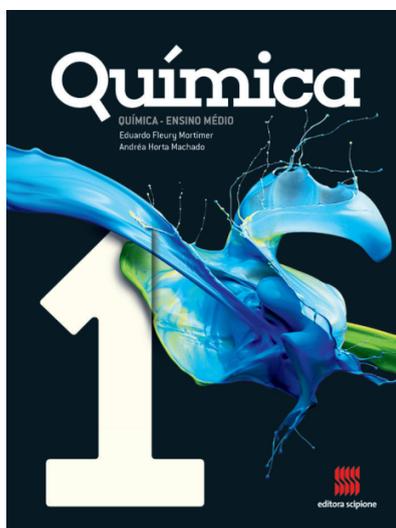
**Figura 2 - Capa do livro Química Cidadã volume 1 da coleção de Wildson e Mól.**



Fonte: <PNLD 2018> GUIA DE LIVROS DIDÁTICOS ENSINO MÉDIO (2017).

A coleção Química Cidadã apresenta o EQ no capítulo 5 do volume 2 (p. 177-230), com o nome de “Equilíbrio Químico”.

**Figura 3 - Capa do livro Química volume 1 da coleção de Mortimer e Machado.**



Fonte: <PNLD 2018> GUIA DE LIVROS DIDÁTICOS ENSINO MÉDIO (2017).

O livro Química, dos autores Mortimer e Machado, teve analisado o capítulo 4 do volume 2 (p. 160-191) chamado “Uma Introdução ao Estudo do Equilíbrio Químico”.

Em todas as obras foram analisados somente os capítulos destinados diretamente ao tema EQ, de forma que foi desconsiderado qualquer capítulo ou seção que abordou outros conteúdos, mesmo que possuam alguma contextualização relacionada ao EQ.

Inicialmente, foram feitas descrições dos capítulos selecionados de cada livro, que estão disponibilizadas em apêndice. No intuito de facilitar a compreensão da análise e pela dificuldade que se pode ter para encontrar alguns dos livros selecionados, foram adicionados, na descrição, anexos de textos, tabelas e questões presentes nessas obras.

No capítulo 3 deste trabalho foram apresentadas as análises da contextualização e do conteúdo apresentado nos livros.

O conceito de contextualização, como já discutido, é muito amplo para diferentes autores, então, aqui levou-se em consideração as definições de contextualização feita por Wharta, Silva e Bejarano (2013) e de cotidiano desenvolvida por Heller (1989) que já foram mencionadas na revisão bibliográfica.

Levando em consideração as orientações do edital PNLD 2018 de que contextualizar não significa dissolução das disciplinas, foi analisado o conteúdo de EQ abordado em cada obra. Nesse sentido, foi desenvolvido um conjunto de perguntas para sistematizar a análise dos 3 livros. As perguntas relativas a este componente curricular são:

- 1) Quantas páginas do livro foram usadas para apresentar EQ?
- 2) Dos conceitos de EQ listados a seguir, quais foram abordados:
  - reações reversíveis e equilíbrio dinâmico,
  - constantes  $K_c$ ,  $K_p$ ,  $K_{ps}$ ,  $K_w$ ,  $K_a$  e  $K_b$ ,
  - atividade química,
  - princípio de Le Chatelier e
  - solução-tampão.
- 3) Possui exercício resolvido?
- 4) O livro possui Experimento investigativo?

As perguntas relativas à análise da contextualização são:

- 1) Foi apresentada uma problemática norteadora?
- 2) A contextualização foi empregada como sinônimo de cotidiano dos alunos?
- 3) Os exercícios estão ligados à contextualização?
- 4) A problemática é trabalhada até o fim do capítulo?

## Capítulo 3 – Análise

Neste capítulo serão apresentadas as análises de conteúdo e contextualização dos 3 livros selecionados. A partir deste ponto, os livros serão citados de acordo com as seguintes relações:

- Livro A: Química, volume 2, da autora Martha Reis.
- Livro B: Química Cidadã, volume 2, dos autores Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól
- Livro C: Química, volume 2, dos autores Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado

### 3.1 – Análise do Conteúdo

Todos os livros trazem os conceitos de reversibilidade, equilíbrio dinâmico,  $K_w$ , princípio de Le Chatelier e solução tampão. No entanto, os livros A e B oferecem mais detalhes do que o livro C que, matematicamente, usa apenas a constante de equilíbrio  $K$ , deixando ausente as constantes correlatas  $K_a$ ,  $K_b$ ,  $K_{PS}$  e etc. Quanto a definição de solução-tampão, as três obras abordam este conceito, porém, é ensinado apenas de forma qualitativa.

O livro A dedica-se mais à teoria científica em relação ao livro B que está mais voltado para a contextualização. Já o livro C, embora suas questões sejam exemplares, é o livro que aborda menos tópicos de conteúdo o que reflete no uso de apenas 31 páginas para EQ, o menor número entre outras obras aqui analisadas.

A Tabela 1 resume os conteúdos de EQ apresentados nos livros analisados:

**Tabela 1.** Relação dos conteúdos em cada livro analisado.

	<b>Livro A</b>	<b>Livro B</b>	<b>Livro C</b>
<b>Número de páginas referente ao EQ</b>	61	53	31
<b>Reações reversíveis e equilíbrio dinâmico</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Conceito de atividade</b>	Sim	Não	Não
<b>Conceito de <math>K_c</math> e <math>K_p</math></b>	Sim	Sim	Não <sup>1</sup>
<b>Conceito de <math>K_{ps}</math></b>	Sim	Sim	Não
<b>Conceito de <math>K_w</math></b>	Sim	Sim	Sim
<b>Conceito de <math>K_a</math> e <math>K_b</math></b>	Sim	Sim	Não
<b>Princípio de Le Chatelier</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Conceito de solução-tampão</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Experimento investigativo</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Exercício resolvido</b>	Sim	Não	Não

Embora essa tabela não inclua todos os conceitos abordados, todos os livros analisados possuem os principais conteúdos que devem ser apresentados no ensino de EQ. No entanto, o livro A é o que possui a maior quantidade de conteúdo referente ao EQ. O livro B deixou de abordar apenas um dos conteúdos

<sup>1</sup> O conceito da constante K é apresentado de uma forma geral mas não evolui para os termos  $K_c$  e  $K_p$ .

selecionados (conceito de atividade) e o livro C foi o que apresentou o menor número de conceitos relativos ao EQ.

## **3.2 – Análise da Contextualização**

De uma forma geral, os livros A e B apresentaram, cada por sua vez, uma temática que permeia todo o capítulo que são Corais e a poluição das águas, respectivamente. Os autores apresentam um texto logo no início do capítulo que introduz uma problemática que se torna uma temática norteadora. No decorrer das páginas, são explicados os conceitos de EQ para, no final, retomar a problemática inicial com textos e questões. Já o livro C começa o capítulo com o conteúdo científico e, no final, apresenta textos sobre os oceanos e a constituição do sangue que guardam relação com EQ mas que foram utilizados mais como exemplos do que contexto.

Todos os três livros mostram a preocupação dos autores em aproximar o EQ do cotidiano do aluno ou de situações relevantes para a sociedade. Destacam-se os fenômenos do cotidiano que envolvem equilíbrios, presente no livro A, disponível no Anexo 6, e no livro C que usa de linguagem cotidiana quando discute ácidos e bases no contexto do EQ, incluído no Anexo 15.

Considerando o limite de páginas máximo imposto no PNL D, a quantidade de textos de contextualização pode influenciar diretamente no número de conceitos químicos trabalhados. O livro A é o que possui maior quantidade de páginas e conteúdo referente ao EQ. No entanto, o livro B é o que apresenta o maior número de páginas de texto de contextualização. No início do capítulo de EQ, são 12 páginas seguidas indagando sobre a água, seu ciclo e poluição sem envolver nenhum conceito teórico acerca do EQ.

Quanto aos cinco elementos mencionados na metodologia:

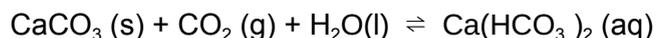
1) Foi apresentada uma problemática norteadora?

No capítulo 8 do livro A, foi desenvolvida uma problemática relacionando a morte dos corais com ações humanas. Conforme informa o parágrafo a seguir retirado do livro:

Há tempos os cientistas observam com apreensão a degradação e a morte dos corais em diversas regiões do planeta, como o Caribe e a Indonésia. A culpa seria da poluição produzida pelo homem e do aumento das temperaturas na Terra. (VIEIRA, 2008 apud REIS, 2016, p. 175).

O tema é abordado como um problema global e no decorrer dos textos são citadas várias localidades, incluindo a Austrália e comunicando a atual situação do Brasil. Abordar outros países é interessante porque permite discutir economia e política que são aspectos fundamentais para criar medidas de proteção ao meio ambiente. No final do capítulo, a causa da morte dos corais é explicada com o conceito científico envolvendo o EQ:

Os corais fixam-se sobre uma base de carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$  (s), que eles mesmos produzem, e em contato com a água e com o gás carbônico dissolvido estabelecem o seguinte equilíbrio químico:



Sabemos que, quando a temperatura diminui, a solubilidade do gás carbônico aumenta.

Aumentando a quantidade de gás carbônico na reação acima, o equilíbrio desloca-se no sentido direto, de modo a consumir o  $\text{CO}_2$  (g) em excesso, o que acaba provocando a dissolução do carbonato de cálcio e fragilizando a base que os corais utilizam para se fixar.

Estando frágil, a base de corallito fica mais suscetível aos movimentos das águas e dos seres que vivem ao redor, podendo se romper, o que significa a morte do coral. (REIS, 2016, p. 199).

O livro ainda estende a problemática no capítulo 9 mostrando a situação de uma ilha na Itália com o pH ácido onde os corais já morreram e um novo ecossistema é formado. Por serem problemas que a resposta não é simplesmente certo/errado e que ainda depende do ponto de vista, tem-se uma problemática.

No livro B também é desenvolvido uma problemática em relação à poluição das águas:

As fontes de poluição das águas decorrem, principalmente, de atividades humanas. Durante o desenvolvimento das cidades, toda dinâmica estabelecida interferiu nos recursos hídricos: a urbanização alterou os sistemas de infiltração e de escoamento das águas das chuvas; a agricultura e os desmatamentos causaram assoreamentos e modificaram leitos de rios e lagos; a construção de grandes obras, como hidrelétricas e represas, acabaram ocasionando modificações em bacias hidrográficas e em florestas, inundando cidades etc.(SANTOS; MÓL, 2016, p. 183).

Os textos também trazem tragédias ambientais que aconteceram no Brasil, desta forma, este livro aborda uma problemática que ainda pode fazer parte do cotidiano, dependendo da localidade em que vivem os estudantes e professores.

Já o livro C não desenvolve uma problemática, os conceitos científicos são ensinados de forma técnica e após isso apresentam textos que explicam o EQ que ocorre no tamponamento dos oceanos e no pH sanguíneo. Estes textos funcionam de base para que o professor levante a problemática, mas os textos isoladamente não fazem isso sozinho.

2) A contextualização foi empregada como sinônimo de cotidiano dos alunos?

No livro A tem um texto que aborda alguns “Fenômenos do cotidiano que envolvem equilíbrios”, disponível no Anexo 6. O primeiro fenômeno é a reação em EQ entre a prata iônica ( $Ag^+$ ) e neutra ( $Ag^0$ ) presente em óculos com lentes fotossensíveis; o segundo indaga sobre o equilíbrio químico presente nos dentes, citando a hidroxiapatita como principal constituinte do esmalte do dente, sendo que os ácidos são responsáveis por deslocar o equilíbrio no sentido do consumo da hidroxiapatita e pastas de dentes alcalinas no sentido da formação; o terceiro trata do equilíbrio na ingestão de remédios, expondo a reação em EQ do ácido acetilsalicílico com os íons hidrônios do ácido estomacal que pode culminar na precipitação do medicamento. Os três fenômenos citados não possuem relação direta com a problemática dos corais apresentada pelo livro e são exemplos apenas de cotidiano como descrito pelo próprio livro.

O livro B não possui textos especificamente voltados para o cotidiano e em todo o capítulo analisado esta palavra não aparece em nenhum texto.

No livro C tem um tópico intitulado “ácidos e bases na linguagem cotidiana” que está disponível no Anexo 15. Nele estão presentes questões preliminares afirmando que certamente o aluno já ouviu falar em pH, xampu neutro, ácidos, alcalinos e antiácidos, então pede-se para que o aluno cite situações em que já viram essas palavras sendo utilizadas, mais adiante requisita-se uma pesquisa em revista, jornais e internet em que as palavras são empregadas.

Embora estes termos ainda sejam usados como sinônimos pelos professores, nas obras analisadas percebe-se que os termos estão associados a objetos usados no dia a dia, mesmo que de forma não reflexiva, conforme as definições feitas por Heller (1989). Já as contextualizações que existem somente no livro A e B também levantaram uma problemática de acordo com as definições feitas por Wharta, Silva e Bejarano (2013).

### 3) Os exercícios estão ligados à contextualização?

Em todas as obras analisadas a minoria dos exercícios estão ligados à problemática apresentada. Isso pode acontecer porque os livros têm o objetivo principal de ensinar o conteúdo de química que já é bem extenso. Desta forma, as questões devem abranger mais os conceitos de química do que a contextualização.

O livro A não apresenta nenhuma questão que cite a palavra coral no capítulo analisado, no entanto possui questões relacionadas à problemática. Um exemplo é a questão 26 a seguir:

(Vunesp-SP) Os oceanos funcionam como uma esponja que absorve o  $\text{CO}_2$  emitido em excesso na atmosfera. A absorção do  $\text{CO}_2$  reduz o pH da água dos oceanos, tornando-a mais ácida. A principal alteração no ecossistema provocada por essa acidificação envolve a remoção do carbonato de cálcio das conchas e de certos animais marinhos. Explique a diminuição do pH da água pela absorção do  $\text{CO}_2$ , a conseqüente remoção do carbonato de cálcio das conchas e escreva as equações químicas para as reações envolvidas em cada um desses dois processos. (REIS, 2016, p. 229).



5. Na equação 1 pode ocorrer o equilíbrio físico entre o gás carbônico dissolvido e gasoso.

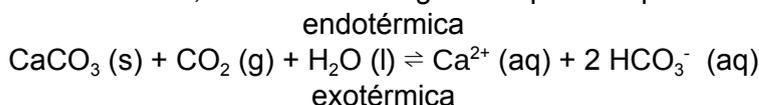
6. O aumento de  $\text{CO}_2$  é prejudicial para diversos seres marinhos por provocar a acidificação do ambiente marinho. (SANTOS; MÓL, 2016, p. 225-226).

O livro ainda possui mais questões contextualizadas semelhantes a estas já apresentadas.

Já o livro C comparado com as outras duas obras é o que mais possui questões contextualizadas, destacando-se as questões abertas no final do capítulo. Entre estas questões destacam-se as de número 47 e 73, abordando a vida marinha e o oceano, mesmo que o livro não tenha inserido este tema como uma problemática em seus textos:

47 – (Acafe-SC) Nos oceanos, há uma quantidade imensa de seres marinhos que produzem carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), seja na forma de conchas, carapaças, esqueletos ou corallitos (estruturas que fixam os corais). A dissolução do carbonato de cálcio provoca a fragilização da base que os corais utilizam para se fixar, o que pode significar sua morte.

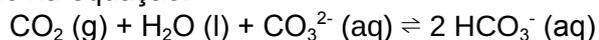
O carbonato de cálcio, em contato com a água e com o gás carbônico dissolvido, estabelece o seguinte equilíbrio químico:



Alguns fatores podem abalar seriamente o delicado equilíbrio desse ecossistema, fazendo com que haja dissolução do carbonato de cálcio. indique a afirmativa **verdadeira**:

- a) Uma diminuição de  $\text{CO}_2$  dissolvido na água do mar provoca dissolução do  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ .
- b) Uma diminuição de temperatura das águas dos oceanos provoca um deslocamento do equilíbrio para a direita.
- c) O aquecimento global não interfere no equilíbrio acima.
- d) Um aumento de temperatura das águas dos oceanos provoca dissolução do  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ .
- e) A dissolução do carbonato de cálcio não interfere na vida marinha.

73 – (UFTM-MG) A água dos oceanos tem pH próximo de 8, que se mantém por meio do equilíbrio entre os íons carbonato e bicarbonato, representado na equação.



Os corais são formados de carbonato de cálcio, substância praticamente insolúvel em água. Algumas pesquisas recentes indicam que o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera pode provocar o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  nos oceanos, o que

contribuiria para o desaparecimento dos corais dos oceanos e perturbaria o equilíbrio ecológico da vida marinha.

a) Estime a concentração de íons  $\text{OH}^-$  numa amostra de água dos oceanos, considerando  $K_w = 10^{-14}$ .

b) A partir do equilíbrio químico apresentado, explique como o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico pode contribuir para o desaparecimento dos corais dos oceanos. (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 186 e 191).

#### 4) A problemática é trabalhada até o fim do capítulo?

No livro A, a problemática é apresentada no início do capítulo 8 e no final tem um texto “Retomando a Notícia” disponível no Anexo 4. O capítulo é finalizado trazendo o conceito científico, usando o EQ e a variação do pH para explicar a fragilidade dos corais e como acontece o processo que culmina na morte deles. Este livro ainda possui o capítulo 9 que estende a problemática mais ainda e no final têm outro texto também intitulado “Retomando a Notícia”, disponível no Anexo 9 e que esclarece os mecanismos de controle de pH da natureza, mais uma vez trazendo o conceito científico para a contextualização.

O livro B não retoma com textos no final do capítulo a problemática inicialmente apresentada, mas algumas questões remetem à problemática, mesmo que de forma superficial.

Já o livro C não apresenta uma problemática no início e no final os textos são mais um exemplo de onde se aplica o EQ do que o desenvolvimento de uma problemática.

## Considerações Finais

De maneira geral, todos os livros buscaram contextualizar a apresentação do EQ. Os temas fundamentais relacionados a este tema foram abordados por todos os livros. No entanto, tendo como base o conceito de contextualização de Wharta, Silva e Bejarano, verificamos que os livros A e B estão contextualizados, dado que apresentam uma problemática que norteia o ensino de EQ. Por sua vez, o livro C basicamente faz uso de exemplos do cotidiano para apresentar o conteúdo de EQ.

As análises do conteúdo e da contextualização desses 3 livros mostraram que o uso da contextualização não necessariamente limita o conteúdo de EQ a ser apresentado. Os livros A e B usaram a contextualização sem uma redução significativa do conteúdo e sem promover uma dissolução deste componente curricular.

A contextualização trouxe temáticas muito importantes para o meio ambiente no atual momento de crise climática e de poluição dos rios em que vivemos, tomar consciências sobre essa causa e mudar alguns hábitos do cotidiano são alguns passos em direção de preservar o meio ambiente.

Foi verificada ainda uma superposição da contextualização com a ideia de cotidiano, que de todo modo demonstra a preocupação de todos os autores em apresentar o EQ com significado, deixando o aspecto abstrato para um momento posterior.

As análises feitas mostram que, para fazer um ensino contextualizado, é importante o professor utilizar mais de um livro didático e não se prender a apenas um material ou recurso, mas fazer combinações de mais de um livro, vídeos e um leque de recursos e materiais como apoio nas aulas. Um exemplo disso seria preparar aulas usando o ponto forte identificado em cada livro analisado neste trabalho: Os textos de contextualização do livro B, os conceitos científicos e exemplos do livro A e as questões do C.

## Referências

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2012.

BEZERRA, Lia, Monguilhott, et al. **Ser protagonista**. 3. ed. São Paulo: SM, 2016. v. 2.

BRASIL. MEC. Edital de Convocação 4/2015-CGPLI. Processo de Inscrição e Avaliação de Obras Didáticas para o Programa Nacional do Livro Didático - PNLD 2018. Brasília: MEC, 2015.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Parte 1 - Bases Legais. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

BRASIL. Programa Nacional do Livro e do Material Didático - PNLD Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld> Acesso em: 21 abr. 2021.

CISCATO, Carlos, Alberto, Mattoso, et al. **Química**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 2.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28324-pnsb-2017-abastecimento-de-agua-atinge-99-6-dos-municipios-mas-esgoto-chega-a- apenas-60-3> Acesso em: 18 jul. 2021

GÜLLICH, Roque Ismael da Costa; SILVA, Lenice Heloísa de Arruda. O enredo da experimentação no livro didático: construção de conhecimentos ou reprodução de teorias e verdades científicas?. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 15, p. 155-167, 2013.

HELLER, A. **Cotidiano e história**. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1989.

LEITE, João Carlos Segatto; CADONÁ, Eliana Aparecida; ZANON, Lenir Basso. CONTRAPONTO NAS COMPREENSÕES DE CONCEITOS QUÍMICOS EM ESTUDOS SOBRE O EQUILÍBRIO QUÍMICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA E NA UNIVERSIDADE.

MORTIMER, Eduardo, Fleury; MACHADO, Andréa, Horta. **Química**: Ensino Médio. 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v. 2.

NOVAIS, Vera, Lúcia, Duarte de; ANTUNES, Murilo, Tissoni. **Vivá**. 1. ed. Curitiba: Positivo, 2016. v. 2.

PONTES, Altem Nascimento et al. O ensino de química no nível médio: um olhar a respeito da motivação. **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Curitiba, PR**, p. 10, 2008.

REIS, Martha. **Química**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016. v. 2.

REIS, M. **Química: Meio ambiente, Cidadania e Tecnologia**. 1. ed. : FTD, 2012. v. 2.

SANTOS, Wildson; MÓL, Gerson. **Química Cidadã**. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016. v. 2.

DE VASCONCELOS, Pedro Hermano Menezes et al. Contextualização no ensino do equilíbrio químico: uma proposta metodológica. *Conexões-Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 4, p. 71-78, 2016.

WARTHA, Edson José; SILVA, E.L. da; BEJARANO, Nelson Rui Ribas. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. *Química nova na escola*, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

## **Apêndices**

### **Apêndice 1 – Descrição do Livro A: Química volume 2 da autora Martha Reis.**

O EQ começa na unidade 4, apresentando a importância dos corais na própria introdução da unidade. Neste momento, destaca-se que a sobrevivência dos corais depende de um equilíbrio entre luminosidade, temperatura e quantidade de nutrientes. Por esse motivo, a sobrevivência dos corais diz muito a respeito da qualidade da água em que ele vive, pois pequenas variações no meio podem causar grandes problemas para o ecossistema.

O primeiro texto, disponível no Anexo 1, abre o capítulo 8 já introduzindo a problemática da morte dos corais no mundo inteiro como consequência da poluição produzida pelo ser humano e o aumento na temperatura da terra. No texto é mencionado a Austrália como exemplo no combate a morte dos corais, adotando medidas como a restrição de visitantes em certas áreas e fazendo o controle do uso de fertilizantes. Os cientistas esperam que esse exemplo seja usado no mundo todo, e, neste momento, é possível que um professor em sala de aula, questione se é uma solução viável em nosso país, assim implementando aspectos econômicos em relação a fertilizantes e como a restrição em alguns ambientes podem afetar o turismo. Ainda no texto, é citado uma pesquisa feita na Universidade Federal da Bahia que salienta que é preciso de medidas urgentes para preservar os corais do arquipélago de Abrolhos, no litoral da Bahia, pois, se nada for feito, 40% dos corais irão morrer em cinquenta anos.

Nota-se que o capítulo já começa apresentando o tema dos corais, além disso, a palavra equilíbrio é citada na introdução da unidade, abrindo questões que levam ao EQ, no entanto, vale ressaltar que, apesar de dificilmente os corais estarem presentes no cotidiano das pessoas, principalmente as que não vivem em

regiões litorâneas, o tema é relevante com relação ao impacto das atividades humanas no meio ambiente.

Após o texto, o capítulo segue com a explicação teórica do equilíbrio dinâmico. Para facilitar o entendimento, a autora usa um estacionamento de carros que tem a taxa de um carro chegando em cada momento que um carro sai, desta forma, a quantidade de carros permanece constante nas vagas do estacionamento, estabelecendo um equilíbrio dinâmico. Assim, tem-se o exemplo de um fenômeno em escala macroscópica que descreve um equilíbrio dinâmico, no entanto, o uso dessa analogia é muito diferente de uma reação química, visto que os carros entram e saem do estacionamento e na reação as substâncias coexistem. Logo em seguida é apresentado o microscópico com a reação de equilíbrio do gás hidrogênio reagindo com o gás iodo, formando o iodeto de hidrogênio. Este exemplo é trabalhado com tabelas e gráficos, mas não tem uma conexão direta com os corais.

Em seguida o livro busca a definição de  $K_c$  e  $K_p$  de forma técnica e isento de contextualização, primeiro as constantes são desenvolvidas usando a taxa de desenvolvimento  $T_d$  das reações direta e inversa, mas logo após, é apontado o conceito de atividade que é uma definição mais correta, pois as constantes devem ser números adimensionais e por meio da taxa de desenvolvimento podem resultar em números com unidades de medidas. Logo é apresentado cálculos envolvendo as constantes de equilíbrios que são resolvidas usando tabelas. Os exercícios em relação às constantes de equilíbrio, não possuem ligação direta com os corais.

Após os exercícios sobre as constantes, é introduzido um texto sobre a produção industrial de amônia, disponível no Anexo 2. Nele é apresentado um resumo da história da descoberta da amônia durante a primeira guerra mundial e sua importância para a produção de explosivos e fertilizantes. Além disso, o texto apresenta de onde vem a amônia e o seu destino, mostrando a produção de amônia pelo processo Haber-Bosch e a sintetização de nitrato de amônia, partindo da amônia e oxigênio. Um fato importante é que este texto destaca o efeito da pressão e efeito da temperatura, apesar de que estes conceitos ainda não foram introduzidos de forma técnica pelo livro. No final do texto, tem um questionário a respeito de um acidente envolvendo vazamento de amônia que aconteceu em Umuarama (PR),

também disponível no Anexo 2. As perguntas são todas em relação aos riscos da amônia e possuem respostas amplas, o livro sugere fazer um debate ao final. O tema da amônia tem uma contextualização pertinente para o aprendizado, mas nesse livro o contexto explorado foi o produto (amônia) obtido e não o processo que envolve o EQ, por exemplo, o custo da produção, o impacto na economia chilena, o aumento da concentração de amônia no meio ambiente, etc.

Após o texto da produção de amônia, o livro prossegue com a explicação técnica dos fatores que deslocam o equilíbrio de um sistema, para isso é usado uma tabela explicando cada efeito. Em seguida, finalmente o tema corais volta a ser abordado no texto “Turismo, agricultura e a degradação dos corais” disponível no Anexo 3. Além de mencionar os problemas causados pelo aumento de esgoto em consequência do turismo, também traz os problemas causados por fertilizantes que são arrastados pela água da chuva até os corais. Um destaque importante do texto é que ele explica que as substâncias que fazem mal para os corais presentes nos esgotos e fertilizantes são especialmente o nitrogênio e fósforo. Também é mencionado o desmatamento como problema para os corais, assim, nota-se que vários problemas foram levantados, permitindo uma contextualização da morte dos corais, contemplando várias áreas do conhecimento, mas sem muita relação com EQ.

Por fim, chega-se ao último texto do capítulo 8, disponível no Anexo 4 e que fecha o problema com base no conteúdo de EQ. Neste texto, é explicado que os corais vivem em simbiose com algas denominadas zooxantelas, de modo que cada organismo ajuda um ao outro. Quando a temperatura aumenta, a ligação entre as algas e os corais são rompidas, de forma que os recifes ficam frágeis e não conseguem energia para se reproduzir. Já quando a temperatura diminui, um dos principais constituintes da estrutura do coral, o carbonato de cálcio tem sua concentração diminuída em consequência do efeito da temperatura e do aumento do  $\text{CO}_2$  que é um reagente. Dessa forma, o equilíbrio se desloca para a formação do hidrogenocarbonato de cálcio, fragilizando, assim, a estrutura dos corais que são facilmente arrancados de sua base, culminando em sua morte. O capítulo 8 é encerrado, fechando a problemática com o conceito do EQ e o princípio de Le

Chatelier, logo após tem mais algumas questões que não tem uma relação direta com o problema dos corais.

O capítulo 9 é sobre equilíbrios iônicos, pH e  $K_{ps}$ , ainda faz parte da unidade 4, portanto continua abordando a temática dos corais. O texto de introdução disponível no Anexo 5, tem o título "Ilha na Itália dá pista sobre futuro ácido dos oceanos" e traz uma previsão feita por oceanógrafos europeus de como serão os oceanos no futuro em consequência da acidificação das águas por conta do aquecimento global. O estudo é feito na ilha de Ischia, localizada na Itália e que possui chaminés vulcânicas submarinas que liberam  $CO_2$  na água, acidificando o meio. Estima-se que o pH do local é semelhante ao que os oceanos terão no final do século XXI. O ecossistema se adaptou ao pH ácido do lugar. Corais e ouriços-do-mar morreram e algas verdes e outros invasores vivem por lá. A capacidade da água de absorver  $CO_2$  foi reduzida, culminando em temperaturas ainda maiores na atmosfera.

Em seguida, são apresentados os conceitos de constante de ionização e de dissociação iônica, indagando a respeito de  $K_a$ ,  $K_b$  e ionização de ácidos e bases polipróticos. Um pouco mais adiante, ainda é apresentado a teoria ácido-base de Brønsted-Lowry. Após estes conceitos, tem um exercício resolvido e 5 questões para o estudante responder sem uma conexão direta com os corais.

O próximo tópico apresentado pelo livro é a Lei da diluição de Ostwald que é apresentado de forma conceitual e, no final, mais um exercício resolvido e seis exercícios sem uma contextualização são apresentados.

O terceiro tópico está relacionado ao deslocamento de equilíbrios iônicos. Para mostrar o efeito do íon comum. Além de boas ilustrações, o livro é bem detalhista, usando o exemplo da dissolução de  $K_2CrO_4$  e  $K_2Cr_2O_7$  que formam soluções com cores diferentes. Adicionando ou retirando íons  $H_3O^+$ , é possível deslocar o equilíbrio e observar a variação de cores.

Posteriormente, no final do tópico, o livro traz alguns "Fenômenos do cotidiano que envolvem equilíbrios", disponível no Anexo 6. O primeiro fenômeno é a reação em EQ entre a prata iônica ( $Ag^+$ ) e neutra ( $Ag^0$ ) presente em óculos com lentes fotossensíveis; o segundo indaga sobre o equilíbrio químico presente nos

dentes, citando a hidroxiapatita como principal constituinte do esmalte do dente, sendo que os ácidos são responsáveis por deslocar o equilíbrio no sentido do consumo da hidroxiapatita e pastas de dentes alcalinas no sentido da formação; o terceiro trata do equilíbrio na ingestão de remédios, expondo a reação em EQ do ácido acetilsalicílico com os íons hidrônios do ácido estomacal que pode culminar na precipitação do medicamento. Os três fenômenos citados são exemplos de cotidiano e podem render boas discussões em sala de aula, no entanto não possuem relação direta com a contextualização principal do capítulo.

Mais adiante tem-se um exercício resolvido e mais 4 questões para o estudante responder. Em específico, duas questões estão ligadas ao cotidiano, a questão de número 14 desenvolve o EQ presente nos refrigerantes por conta do gás carbônico adicionado ao líquido e a de número 15 cita o EQ envolvendo a hidroxiapatita na constituição do esmalte do dente que foi mencionado no texto anterior ao questionário.

Uma outra curiosidade é explanada no texto seguinte, referindo-se ao galinho do tempo, que se trata de um galo de pelúcia que quando o tempo está seco e quente exibe a cor azul devido aos íons  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ , quando o tempo está frio e húmido a cor fica rosa por conta da predominância do  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ .

No quarto tópico, os conceitos de pH e pOH são fornecidos, apresentando a constante  $K_w$  e mencionando a escala de pH. No final do tópico, temos novamente o padrão de exercício resolvido seguido de exercícios para o aluno responder.

O quinto tópico é breve e fala sobre hidrólise de íons de forma técnica. O exercício resolvido deste conteúdo é referente ao pH do esmalte dos dentes e uma das questões para o aluno resolver pergunta qual substância provoca desmineralização nos dentes ao bochechar com ela. As alternativas são solução aquosa de hipoclorito de sódio (pH = 9), solução aquosa de cloreto de sódio (soro fisiológico) e vinagre diluído em água que é a resposta certa. Em relação ao cotidiano, é notório como a autora optou por focar mais em exemplos envolvendo saúde bucal, já que nos textos passados também foi mencionado equilíbrios envolvendo a hidroxiapatita.

No sexto tópico aborda-se o efeito do íon comum usando inicialmente um experimento. Nele usa-se produtos vendidos sem restrições em mercados e em farmácias que são solução amoniacal para limpeza e bicarbonato de amônio. Resumidamente o passo a passo do experimento é diluir um pouco do produto de limpeza em água e adicionar um indicador ácido-base que pode ser fenolftaleína ou extrato de repolho roxo. Após verificar a cor do meio inicial que estará básico, adicionar bicarbonato de amônio e observar as mudanças. Vale ressaltar que embora esses produtos possam ser comprados por qualquer pessoa, não significa que estão presentes no cotidiano das pessoas.

Após o experimento, indaga-se sobre ácido fraco e sal solúvel do mesmo ânion e base fraca e sal solúvel do mesmo cátion, o livro apresenta várias reações que ocorrem neste equilíbrio com o objetivo de chegar em solução tampão. Nesse ponto, o livro é tão detalhista nos conceitos que, apesar de serem análogas, a autora faz questão de apresentar as equações envolvidas no tamponamento tanto para soluções feitas a partir de ácido quanto de base.

Ainda sobre o efeito do íon comum, mais uma curiosidade é apresentada em um texto sobre o efeito tampão nos oceanos, disponível no Anexo 7. Trata-se do tamponamento que ocorre nos oceanos pela presença de carbonato de cálcio na forma de conchas, carapaças, esqueletos, coralitos e ácido carbônico gerado pela absorção de dióxido de carbono pela água. Este texto traz reações químicas e conceitos que contribuem para o enriquecimento do contexto dos corais.

Logo em seguida, tem-se outro texto disponível no Anexo 8 que ainda fala sobre o tamponamento com ácido carbônico, dessa vez para falar sobre o pH dos fluidos do corpo humano, especialmente o sangue. A taxa de ventilação pulmonar e as medidas tomadas pelos rins que podem excretar urina ácida ou básica são mencionados no controle do pH sanguíneo; também são apontadas causas para a alcalose e acidose, entre elas, lesão no sistema respiratório, diarreia e pneumonia. Este texto permite explorar a interdisciplinaridade, principalmente conteúdos referentes à biologia.

O exercício resolvido do sexto tópico é sobre alcalose e acidose, além disso, a primeira questão para o aluno responder trata dos oceanos e o seu equilíbrio de

tamponamento e a segunda traz um problema acidose metabólica, resgatando o que foi estudado no tópico.

No sétimo e último tópico do capítulo, situa-se os conceitos de produto solubilidade  $K_{PS}$  e cálculo do coeficiente de solubilidade. Após a explicação do conceito, tem-se a “retomada da notícia” inicial do capítulo 9 disponível no Anexo 9. Inicialmente no texto é citado que as atividades industriais e os veículos de transportes estão liberando muito gás dióxido de carbono na atmosfera. A natureza possui vários mecanismos para a absorção do  $\text{CO}_2(\text{g})$ ; entre eles temos a captura do gás pelas florestas em crescimento pois a cada hectare de floresta em desenvolvimento são absorvidos aproximadamente 175 toneladas de carbono, no entanto, ao invés de produzir mais florestas, a humanidade está fazendo o oposto. Outros mecanismos estão presentes nos oceanos, como a utilização do  $\text{CO}_2(\text{g})$  por organismos aquáticos que fazem fotossíntese e a solubilidade do gás nas águas que podem aumentar conforme a pressão parcial do  $\text{CO}_2(\text{g})$ . Temperaturas mais baixas também favorecem o aumento do  $K_{PS}$ , sendo que quando a água atinge 4 °C alcança a maior capacidade de absorção do dióxido de carbono. A absorção do  $\text{CO}_2(\text{g})$  nos oceanos resulta no íon bicarbonato e hidrônio, aumentando o pH do meio; para controlar isso existe o mecanismo de tamponamento da água pela presença do carbonato nas águas profundas, mas o problema é que as águas superficiais e profundas só se misturam por completo em cerca de 1000 anos.

Tendo em vista que os mecanismos de absorção são muito mais lentos do que a velocidade que emitimos  $\text{CO}_2(\text{g})$  na atmosfera, é provável que o pH dos oceanos se torne cada vez mais baixos, culminando em vários problemas para a vida marinha e terrestre também.

Com essa problemática, é possível que o professor aborde o funcionamento das indústrias e automóveis. Por que mesmo produzindo tanto dióxido de carbono ainda são permitidos? Perguntas como essas podem levar a discussão para a filosofia, sociologia, economia e várias outras áreas, no entanto é preciso tomar cuidado para não perder o foco principal que é o EQ.

Para finalizar a unidade tem-se o último exercício resolvido e o último questionário, algumas questões envolvem água sendo possível uma ligação direta com a problemática.

Um último texto disponível no Anexo 10, dá ênfase na gravidade do problema para finalizar a unidade 4. Nele tem a triste informação que os corais brasileiros praticamente acabaram por causa da extração direta de blocos de recifes para a fabricação de cal e por causa da poluição e desmatamento. Outro ponto importante a destacar é que os corais crescem em média de 3 mm a 8 mm por ano, portanto é muito difícil conseguir recuperar ou até mesmo preservar os corais que ainda existem, no Brasil, caso não seja tomada uma providência urgente.

## **Apêndice 2 – Descrição Completa do Livro B: Química**

### **Cidadã volume 2 dos autores Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól**

Este livro inicia o capítulo 5 que se refere ao EQ, abordando a temática da água e o seu ciclo. Nele é desenvolvida a problemática da poluição das águas que é um tema muito pertinente para qualquer pessoa, já que a poluição de uma forma geral afeta todos, seja sanitariamente ou financeiramente. Segundo o IBGE o abastecimento de água atinge 99,6% dos municípios, mas esgoto chega a apenas 60,3% (IBGE, 2020), portanto, a água é um bom tema para a contextualização e também faz parte do cotidiano dos alunos. Diante da estatística do IBGE acerca do acesso ao tratamento de esgoto, o esgoto a céu aberto pode fazer parte do cotidiano de muitos alunos, o que é um dos problemas abordado pelo livro. Além disso, ainda existem pessoas que moram em lugares não regularizados que não tem acesso a água encanada ou uma boa fonte de água potável.

Voltando ao livro, inicialmente é explicado que a água passa por um ciclo dinâmico e reversível, pois ela está constantemente passando por diferentes estados de agregação, mas apesar disso, sua quantidade no planeta é praticamente

invariável há mais de 500 milhões de anos. Apesar do ciclo se tratar do equilíbrio de fases, esta é uma abordagem interessante para EQ, pois já permite discutir o conceito de equilíbrio e o seu aspecto dinâmico.

Mais à frente, o livro aborda a água na atmosfera, a chuva e sua importância, por exemplo na constituição do meio ambiente dado que em regiões de muita chuva nascem densas florestas e em regiões com maior estiagem predomina uma flora de pequeno porte ou até mesmo os desertos. Diferentes ambientes estão diretamente ligados ao ciclo da água e onde está distribuída, para mostrar isso, os autores comparam duas imagens, uma contendo a caatinga, em Canudos (BA) e outra mostrando a Floresta Amazônica, em Manaus (AM). Este seria um bom momento para sugerir ao professor em sala, abordar alguns conhecimentos da geografia.

Em seguida, menciona-se as águas subterrâneas que são uma fonte de água doce muito usadas em centros urbanos, e mais adiante alerta-se sobre o aumento no consumo humano devido ao crescimento populacional e a necessidade de produzir cada vez mais alimentos. Nesta parte do texto, destaca-se a escassez das águas, causada pela poluição dos mananciais e isso contribuiu para a transmissão de doenças como hepatite A, cólera e disenteria. Além disso, é alegado que a água contaminada se tornou a segunda maior causa de mortes em crianças de até 1 ano de idade na América Central. Até este ponto, o livro detalhou o ciclo da água, com muita interdisciplinaridade, abrindo possibilidade para o professor dissertar por muitos saberes. Neste ponto, o livro passa a apresentar mais profundamente o contexto chave que é a poluição das águas.

O texto nomeado “poluição das águas”, disponível no Anexo 11, traz a problemática da poluição das águas causada pela ação humana. É destacado que a poluição é proveniente de indústrias, o consumo doméstico e também as grandes obras que causam o desmatamento, como a construção de barragens e hidrelétricas. Logo após, tem-se uma tabela disponível no Anexo 12, mostrando diversas atividades praticadas pelo ser humano e a sua consequência direta e indireta para a água no planeta. Desta forma, a abordagem é bastante ampla, trabalhando atividades como agricultura, garimpo, criação de animais, indústrias e muitos outros temas pertinentes ao conhecimento do aluno.

Após a tabela, é apresentado os tipos de poluição das águas: térmica, sedimentar, biológica e química. Os autores ainda focam a poluição química como uma das mais perigosas, pois o dano, inicialmente, parece sutil, mas a longo prazo se torna devastador. Os exemplos disso são os fertilizantes que podem contaminar a água com nitratos e fosfatos; o vazamento de petróleo e seus derivados usado na forma de combustível em navios; a contaminação com materiais orgânicos como plásticos, detergentes, solventes, tintas e produtos farmacêuticos; e também os materiais inorgânicos que podem alterar o pH, a salinidade e que são tóxicos, especialmente os metais pesados (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, Ni, Sn etc.).

Para finalizar a primeira parte do livro que tem o tema “Reversibilidade: ciclo da água e poluição das águas” os autores fazem o uso de um dramático texto, abordando a triste sina dos rios, mencionando vários rios poluídos em todo o Brasil e citando as indústrias e empresas responsáveis pela tragédia, sendo que, o maior destaque é para o acidente de Mariana (MG), envolvendo a poluição do Rio Doce após o rompimento da barragem. Por fim, a primeira parte encerra com questões problemas, disponíveis no Anexo 13. As perguntas são bem abertas e possibilitam uma variedade de respostas, incluindo relações com a economia por trás do setor da mineração e problemas sociais envolvidos. Até este momento o livro foi bem contextualizado, mas ainda não foram abordados diretamente os conceitos de EQ.

A segunda parte trata das reações químicas e reversibilidade com um trecho explicando sobre processos irreversíveis e reversíveis. Para isso são usados exemplos de queima de combustíveis e as mudanças de estado físico da água que foram abordados anteriormente. Até este ponto, apenas alguns processos físicos foram mencionados como reversíveis, buscando trabalhar a reversibilidade dos processos químicos por métodos investigativos. Os autores passam o experimento demonstrativo conhecido como “garrafa azul” e, assim, finalizam a segunda parte.

Os sistemas químicos reversíveis e equilíbrio químico são apresentados na terceira parte do capítulo, de forma técnica e introduzindo a seta dupla de uma reação em EQ por meio do exemplo da produção de amônia usando os gases amônia e hidrogênio como reagentes. Em seguida é mencionada a reação em equilíbrio entre os gases  $\text{NO}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}_4$  e são citados alguns exemplos de reações que

ocorrem no sangue, cavernas entre outros. Para finalizar, explica-se sobre o equilíbrio dinâmico por meio de ilustrações da representação de átomos genéricos reagindo com o intuito de descrever as reações incessantes em equilíbrios químicos homogêneos e também em sistemas com mais de uma fase.

As primeiras questões do capítulo vêm no final da parte 3, abordando os conceitos de reversibilidade das reações e equilíbrio dinâmico. São indagadas sem nenhuma contextualização diretamente relacionada à problemática da poluição das águas, que é o tema principal do capítulo.

A quarta parte tem o objetivo de esclarecer as alterações do estado de equilíbrio e nela são elucidados o efeito da temperatura usando um copo de água com detergente e fenolftaleína que, ao aquecer, muda a cor de rosa para o incolor; da concentração, que ao assoprar com um canudo um copo de bicarbonato de sódio com fenolftaleína será possível observar a mudança do rosa para o incolor; e o efeito da pressão com o exemplo do gás  $\text{NO}_2$  dentro de uma seringa, sendo que ao pressionar o êmbolo a reação desloca para o lado que tem o menor volume de gás.

A explicação dos conceitos do Princípio de Le Chatelier está na quinta parte do capítulo, que vem com uma pequena bibliografia do engenheiro químico Henry Louis Le Chatelier. A parte técnica é pequena e tem apenas uma equação química que é referente a produção da amônia pelo processo Haber-Bosch. No final da quarta parte tem um questionário, sendo que, uma boa parte das perguntas, apesar de envolver água, aborda a poluição dos rios diretamente. Algumas das questões que se destacam são sobre a morte dos corais causadas pelo gás carbônico produzido pela queima de combustíveis e a chuva ácida em consequência do gás  $\text{SO}_3$ .

A sexta e última parte do capítulo traz os aspectos quantitativos de equilíbrios químicos, apresentando as constantes  $K_c$  e  $K_p$  de forma técnica e sem contextualização. Posteriormente, apresenta-se também, sem contextualização, solução-tampão,  $K_a$ ,  $K_b$  e  $K_{ps}$  e, por fim, encerra-se o capítulo 6 referente ao EQ com o último questionário e uma revisão. Os exercícios tem perguntas diretamente ligadas com os conceitos e não estão conectados com a temática das águas, exceto os de número 75 e 77 disponíveis em Anexo 14, que trazem a cloração da água em

seu tratamento e a dissolução do gás carbônico no controle do pH da água. Já as questões em revisão para a prova estão ligadas ao ciclo da água e a problemática contextualizada na primeira parte do capítulo referente ao EQ.

## **Apêndice 3 – Descrição Completa do Livro C: Química volume 2 dos autores Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado**

Neste livro, uma introdução ao estudo do equilíbrio químico é apresentada no capítulo 4. Logo na introdução é mencionado que no decorrer do curso vários tipos de reações foram estudadas, algumas mais rápidas, capazes de provocar explosões, e outras muito lentas, a ponto de mal serem percebidas. Mas até este ponto, todas as reações foram consideradas que, em proporções ideais, os reagentes seriam completamente transformados em produtos. Nesse instante, os autores destacam que existem reações em quantidades apreciáveis de reagentes e de produtos persistem no meio reacional, mesmo depois que as variações macroscópicas deixam de ser percebidas.

O primeiro conceito passado é o de reações reversíveis e o estado de equilíbrio químico, já ilustrando um óculos com lentes fotossensíveis, o que permitiu apresentar a reversibilidade entre a prata metálica  $\text{Ag}^0$  e seu íon  $\text{Ag}^+$ . Contudo, o mecanismo dessa reação não foi mostrado.

Ainda para explicar o conceito de reações reversíveis, os autores da obra descrevem um experimento classificado no livro como investigativo. Na parte A, são usados 4 tubos de ensaio, em que nos dois primeiros devem ser colocados cromato de potássio  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  e dicromato de potássio  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  para servirem de referência de comparação; nos outros dois devem ser inseridos novamente o cromato e dicromato de potássio mas, dessa vez, deve-se acrescentar HCl no tubo com  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  e NaOH no tubo com  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Ao observar a mudança de cor, deve-se adicionar NaOH ao tubo com HCl e adicionar HCl ao tubo com NaOH e, em seguida, observar as mudanças.

Para testar, direcionar e alinhar as conclusões dos alunos, há uma sugestão de reflexão a ser feita em grupo a partir de 8 questões. Posteriormente, o livro

descreve um pouco a reação reversível que ocorreu e apresenta as equações químicas que acontecem na parte A.

Na parte B, continua-se o experimento, agora com o objetivo de focar na coexistência de reagentes e produtos. Para isso, são adicionados às soluções de cromato e dicromato de potássio gotas de solução de nitrato de bário  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ . A ideia é que, ao misturar as soluções, serão produzidos  $\text{BaCrO}_4(\text{s})$  e  $\text{BaCr}_2\text{O}_7(\text{s})$  que possuem solubilidades muito diferentes. Isto permitirá ao aluno inferir a coexistência de reagentes e produtos ao perceber que, mesmo quando a solução estava laranja indicando a presença de dicromato, ainda assim houve a formação do precipitado de  $\text{BaCrO}_4(\text{s})$ . Nesta parte também tem uma reflexão em grupo para nortear os estudantes.

O próximo tópico começa perguntando se o equilíbrio químico é estático ou dinâmico? Os autores buscam explicar estes conceitos de forma técnica, usando como exemplo o que ocorre em uma garrafa fechada com água e dióxido de carbono. É dito que em escala macroscópica não se observa variações, mas em escala microscópica ainda há troca de matéria; para ilustrar isso são representados esferas azul que representam a água e esferas vermelhas que retratam o dióxido de carbono, setas indicam o movimento das moléculas de  $\text{CO}_2$  sendo que tem-se o mesmo número de setas indicando tanto o movimento do gás saindo da solução líquida e indo para o ar quanto o vice-versa. O exemplo utilizado, apesar de ser um evento cotidiano, não se caracteriza como contextualização pois não foram feitas conexões com outros saberes e não foi apresentada qualquer problemática.

As relações matemáticas entre concentrações das espécies presentes no equilíbrio são exibidas com a equação química do gás hidrogênio reagindo com o gás iodo, produzindo iodeto de hidrogênio gasoso. Uma tabela com valores de concentração de cada substância mencionada acima é apresentada em uma tabela, que posteriormente, no quadro de reflexão, o autor propõe uma relação matemática que padroniza uma constante, que é conhecida como constante de equilíbrio  $K$ .

O tópico seguinte é intitulado “ácidos e bases na linguagem cotidiana” e está disponível no Anexo 15. Nele estão presentes questões preliminares afirmando que certamente o aluno já ouviu falar em pH, xampu neutro, ácidos, alcalinos e

antiácidos, então pede-se para que o aluno cite situações em que já viram essas palavras sendo utilizadas, mais adiante requisita-se uma pesquisa em revista, jornais e internet em que as palavras são empregadas. A última questão pede para o aluno anexar embalagem de antiácidos e descubra os seus princípios ativos.

Posteriormente o livro explica de forma conceitual a definição de ácido-base de Arrhenius e propõe o experimento de construir uma escala de pH e mais adiante testar alguns materiais presentes no cotidiano. A parte A do experimento se trata de preparar um indicador de repolho roxo batendo pequenos pedaços do repolho no liquidificador com água; na segunda parte prepara-se uma escala de pH usando o repolho roxo como indicador e alguns produtos com pH conhecido como vinagre branco, álcool etílico e detergente líquido para servirem de referência; Na terceira parte usa-se a escala de pH construída como referência para determinar o pH do xampu, leite, suco de limão, suco de laranja, clara de ovos, detergente líquido, solução de bateria de automóveis, saliva, além disso ainda é permitido testar outros materiais do cotidiano de escolha do estudante.

Apenas depois da explicação conceitual de uma boa parte do equilíbrio químico e teoria ácido-base de Arrhenius é que se tem o primeiro texto contextualizado, disponível no Anexo 16. O primeiro parágrafo já aborda o interesse econômico em aumentar o rendimento das reações, permitindo fazer discussões de vários mecanismos industriais e se é viável, afinal o mecanismo usado afeta muito a economia. Prosseguindo, conta-se um pouco da necessidade de sintetizar  $\text{NH}_3$  na Europa no século XX, pois com o crescimento da agricultura a demanda de fertilizantes aumentava. Já eram conhecidas formas de sintetizar  $\text{NH}_3$  a partir do ar atmosférico desde 1795, porém o rendimento era baixo. Para sanar esse problema foi desenvolvido o processo Haber-Bosch que possui um rendimento tão satisfatório que é utilizado até os dias atuais nas fábricas de amônia.

O aspecto histórico do processo Haber-Bosch permite a interdisciplinaridade contemplando vários aspectos do passado, entre eles pode ser citada a primeira guerra mundial que aconteceu concomitante com a descoberta.

Em seguida tem-se um outro texto disponível no Anexo 17 que contextualiza o comportamento químico dos oceanos e os sistemas-tampão. Nele fala sobre o

equilíbrio presente nos oceanos trazendo várias equações químicas relacionadas a absorção de dióxido de carbono pelos oceanos. Menciona-se a morte de muitos peixes quando contamina rios e lagos alterando o pH abruptamente, no entanto, essa variação brusca não ocorre nos oceanos devido ao seu efeito tampão por conta sistema carbonato/bicarbonato.

Se tratando dos oceanos, através desse texto é possível levantar várias problemáticas como por exemplo a do lixo, dos corais, do plástico despejado no mar, dos esgotos entre outros, no entanto vale reforçar que o texto pode servir de base para o professor levantar a problemática, pois o livro por si só não levanta.

O último texto do capítulo disponível no Anexo 18 aborda o equilíbrio químico no sangue. Nele salienta-se que se por algum motivo o pH sanguíneo ultrapassar 7,8 ou ficar abaixo de 6,8 a pessoa pode morrer ou sofrer danos irreversíveis. Para que isso não ocorra, o sangue tem três sistemas de tamponamento, são eles o equilíbrio bicarbonato/ácido carbônico, fosfato/monoidrogenofosfato e ainda tem proteínas que, por possuírem grupos ácido e básico na mesma molécula, conseguem fazer o controle do pH. Esses sistemas têm um limite de tamponamento, e quando ele é ultrapassado a pessoa sente dor por conta do excesso de ácido láctico produzido pela contração muscular.

O equilíbrio entre a hemoglobina e oxihemoglobina também é explicado e, junto com todos os outros que são mencionados e demonstrados por equações químicas, podem render boas discussões a respeito do cotidiano das pessoas, pois seus efeitos podem ser sentidos por meio de sensações e dores ao fazermos esforços físicos. Neste caso, o exemplo não foi explorado no sentido de ser um contexto.

Para finalizar o capítulo, um questionário é apresentado no final do capítulo, incluindo questões abertas, fechadas e do ENEM. Várias questões envolvem o cotidiano da maioria das pessoas que vivem em cidades grandes, citando refrigerantes, galo do tempo, dentes, lâmpadas, sabões e etc. Destacam-se as questões 47 e 73 que estão relacionadas ao equilíbrio nos oceanos e podem ser o ponto de partida para discussões mais contextualizadas.

## **Anexos**

### **Anexo 1 – Lenta agonia sob as águas**

Os recifes de corais, apreciados por sua beleza e profusão de cores, têm um papel fundamental para os oceanos. Estima-se que sirvam de abrigo para 2 milhões de espécies de peixes, moluscos, algas e crustáceos – um quarto de toda a vida marinha. [...]

Há tempos os cientistas observam com apreensão a degradação e a morte dos corais em diversas regiões do planeta, como o Caribe e a Indonésia. A culpa seria da poluição produzida pelo homem e do aumento das temperaturas na Terra.

[Em 2008 foi divulgado o] primeiro estudo global sobre a saúde dos corais, feito por 39 cientistas de catorze países, revelando que a situação dessas criaturas é pior do que se pensava. Das 1 400 espécies de corais conhecidas, 231 estão em diferentes graus de risco de extinção. Há dez anos, as espécies ameaçadas eram apenas treze. Quando os corais se extinguem, o mesmo ocorre com as plantas e os animais que deles dependem para obter alimento e refúgio contra os predadores. [...]

Um exemplo de boa iniciativa para a preservação dos corais vem da Austrália. O país estabeleceu áreas protegidas na Grande Barreira de Corais, limitando o acesso de visitantes, e passou a controlar o uso de fertilizantes nas plantações próximas à costa para evitar a contaminação. O objetivo é reverter as previsões de que, até 2030, metade dos corais da barreira australiana, que se estende por 350 mil quilômetros quadrados, estará morta. A expectativa dos cientistas é que o exemplo australiano seja seguido em outras regiões do mundo.

No Brasil, um estudo da Universidade Federal da Bahia e da Conservação Internacional, divulgado há dois meses, mostra que são necessárias medidas

urgentes para proteger os corais do arquipélago de Abrolhos, no litoral da Bahia, afetados pela poluição e pelo turismo. Os recifes de Abrolhos são objeto de estudo desde 1980. Em 2005, os primeiros corais doentes foram detectados. A pesquisa mostra que, se nada for feito, 40% dos corais do arquipélago desaparecerão nos próximos cinquenta anos.”

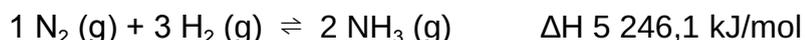
VIEIRA, Vanessa. Revista Veja, São Paulo, n. 2 070, 23 jul. 2008. Disponível em:  
<[http://veja.abril.com.br/230708/p\\_146.shtml](http://veja.abril.com.br/230708/p_146.shtml)>. Acesso em: 30 set. 2015.

## Anexo 2 – Amônia

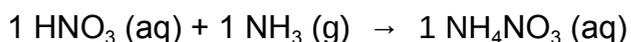
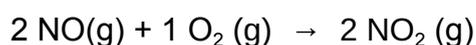
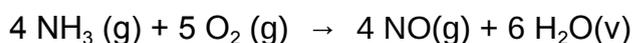
A amônia,  $\text{NH}_3$  (g), é um dos principais compostos produzidos pela indústria química e está entre as primeiras substâncias químicas de maior produção industrial nos Estados Unidos. Ela ocorre na natureza em quantidades bem pequenas, quase que totalmente como produto da putrefação de materiais orgânicos que contêm nitrogênio, como as proteínas.

A síntese da amônia foi desenvolvida pelo químico alemão Fritz Haber (1868-1934) durante a Primeira Guerra Mundial, quando o bloqueio naval à Alemanha, imposto pelos ingleses, impediu o acesso alemão às minas de salitre do Chile (nitrato de sódio,  $\text{NaNO}_3$ ), utilizado como fonte de nitratos para fabricação de fertilizantes e explosivos.

Em busca de uma saída, Haber desenvolveu um processo de síntese, submetendo o gás nitrogênio, obtido do ar atmosférico, e o gás hidrogênio, obtido da água, à temperatura e pressão elevadas, produzindo amônia:



A reação da amônia com oxigênio, catalisada pela platina, leva à produção de ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$  (aq). O ácido nítrico, ao ser neutralizado com amônia, produz o nitrato de amônio, que substitui perfeitamente o nitrato de sódio na fabricação de fertilizantes e explosivos.



Carl Bosch (1874-1940) levou esse processo à escala industrial. Essa descoberta, utilizada até hoje, permitiu à Alemanha resistir ao cerco dos aliados durante a Primeira Guerra Mundial.

A reação de obtenção da amônia é reversível, e ao atingir o equilíbrio as taxas de desenvolvimento das reações direta e inversa igualam-se, e a mesma quantidade de  $\text{NH}_3$  (g) que é formada sofre decomposição para formar  $\text{H}_2$  (g) e  $\text{N}_2$  (g).

Para aumentar o rendimento de  $\text{NH}_3$  (g), é preciso encontrar as condições de pressão e de temperatura, além do modo de produção, capazes de deslocar o equilíbrio da reação no sentido da reação direta.

- **Efeito da pressão**

Como a reação de formação da amônia ocorre com contração de volume, ela é favorecida pelo aumento de pressão.

A pressão age para fazer com que as moléculas dos reagentes fiquem mais próximas umas das outras, limitando o campo de seu movimento e favorecendo a formação de  $\text{NH}_3$  (g).

Industrialmente, são utilizadas pressões que variam entre 200 atm e 1000 atm.

- **Efeito da temperatura**

Como a reação de formação da amônia é exotérmica (libera energia), após o equilíbrio ser atingido, as altas temperaturas acabam favorecendo mais a decomposição da amônia do que sua formação. Por isso, a temperatura na qual a reação ocorre não pode ser muito alta.

A temperatura também não pode ser muito baixa porque dessa forma o número de colisões efetivas com energia de ativação suficiente para formar amônia seria pequeno.

Assim, empiricamente, chegou-se à conclusão de que a temperatura ideal para a síntese da amônia oscila entre 400 °C e 500 °C e tem uma limitação: a atividade dos catalisadores, que varia com a temperatura.

- **Reagentes e catalisadores**

Para a produção de amônia sintética deve-se dispor de nitrogênio e hidrogênio na relação volumétrica 1 : 3.

O N<sub>2</sub> (g) empregado é o obtido diretamente por meio da destilação fracionada do ar líquido.

O H<sub>2</sub> (g) pode ser obtido a partir da água, por ação do carvão:



Nesse caso, apresenta impurezas, que devem ser eliminadas, sob pena de prejudicarem o processo nos estágios mais avançados. Também pode ser obtido pela eletrólise do cloreto de sódio em meio aquoso:



ou ainda pelo craqueamento (quebra) do metano:



Esse processo é o mais utilizado e, assim, ao lado dos equipamentos de síntese de amônia, em uma instalação industrial, encontram-se equipamentos para a produção de hidrogênio gasoso.

Para acelerar a reação, utilizam-se catalisadores, que contribuem para se obter um bom rendimento na produção de amônia na menor temperatura possível. O catalisador mais comumente empregado é o ferro metálico, com traços (quantidades mínimas) de óxidos de magnésio, zircônio, titânio e crômio.

A amônia é uma matéria-prima básica para a fabricação de fertilizantes, uréia, ácido nítrico, explosivos, plásticos, fibras e resinas, produtos farmacêuticos, loções, cosméticos, detergentes e material de limpeza de uso doméstico e também é aplicada na limpeza dentária. É utilizada ainda em sistemas de refrigeração (possui

baixo ponto de ebulição,  $-33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e condensação,  $-77\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e na metalurgia como agente redutor.

## Trabalho em equipe

### **Amônia vaza em abatedouro em Umuarama (PR) e 30 são hospitalizados**

“Um vazamento de gás amônia, no início da tarde desta quarta-feira, em um abatedouro de aves em Umuarama (PR), provocou a interdição do local e a internação de dezenas de funcionários com sintomas de intoxicação. [...]

Mais de 100 funcionários tiveram que deixar o local de trabalho. Trinta empregados foram levados para hospitais da cidade, com sintomas de intoxicação. Cinco deles tiveram que ser internados em UTIs de dois hospitais. No início da noite, três ainda permaneciam com risco de morte.”

Disponível em:

<[www1.folha.uol.com.br/cotidiano/832225-amonia-vaza-em-abatedouro-emumuarama-pr-e-30-sao-hospitalizados.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/832225-amonia-vaza-em-abatedouro-emumuarama-pr-e-30-sao-hospitalizados.shtml)>. Acesso em: 5 out. 2015.

Em relação à intoxicação por amônia, pesquisem:

- a) A amônia é inflamável ou explosiva? Em que condições?
- b) Quais os danos causados à saúde após a inalação do gás amônia?
- c) O que se deve fazer em caso de acidente envolvendo amônia?

A sala pode ser dividida em grupos. Cada grupo vai pesquisar um tópico e apresentá-lo aos demais. Após as apresentações pode-se fazer um debate entre os alunos para discutir o tema.

Sugestão de site para pesquisa: <[www.ppci.com.br/amoniaemergencia.php](http://www.ppci.com.br/amoniaemergencia.php)>. Acesso em: 5 out. 2015.

### **Anexo 3 – Turismo, agricultura e a degradação dos corais**

O incremento do turismo em regiões costeiras aumenta proporcionalmente o volume de esgotos gerados no local, que, em geral, são lançados no mar diretamente sem tratamento. Os fertilizantes usados nas plantações próximas à costa, principalmente quando em excesso, são levados pelas águas da chuva e arrastados para o mar (ou para os rios que deságuam no mar). Os fosfatos são particularmente nocivos para os corais, pois impedem a formação do seu esqueleto.

Tanto os esgotos como os fertilizantes geram o mesmo problema: levam para as águas costeiras um excesso de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo).

Os recifes de corais desenvolvem-se melhor em águas pobres em nutrientes, pois essas são mais límpidas e permitem a melhor penetração da luz e, além disso, essas condições não favorecem o crescimento de macroalgas, que competem com os corais pelo espaço. Recifes sujeitos a altos níveis de nutrientes se deterioram em virtude do aumento da turbidez decorrente da maior densidade de plânctons e do crescimento excessivo de certos tipos de algas (que nessas condições são competitivamente superiores aos corais), os briozoários e as cracas, que aumentam a bioerosão e acabam por afetar a reprodução dos corais.

A poluição põe em risco os recifes de corais e os diversos organismos que habitam o local, inclusive comunidades humanas que vivem da pesca e da coleta de animais nos recifes.

Há também o problema do desmatamento para a especulação imobiliária, que favorece a erosão do solo e o arraste de partículas de terra e sedimentos para o mar. Com o “escurecimento” da água do mar, as algas zooxantelas (e outras), com as quais os corais estabelecem uma relação de simbiose, não podem fazer fotossíntese. Sem os nutrientes fornecidos pelas algas, o coral não sobrevive.

No Brasil, os recifes ocorrem principalmente entre o Maranhão e São Paulo. O rio São Francisco – que deságua no oceano Atlântico entre os estados de Alagoas

e Sergipe – interrompe essa barreira submarina porque, ao levar grande quantidade de sedimentos para o mar, diminui a transparência da água. O rio Amazonas, pelo mesmo motivo, também impede a formação de recifes em sua foz.

## Anexo 4 – Retomando a Notícia

Durante muitos séculos, acreditou-se que os corais fossem vegetais. Quem descobriu que eram animais e ovíparos – cnidários da classe Anthozoa – foi o naturalista francês Jean-André Peyssonel, que começou a estudá-los em 1723.

Os corais não têm cérebro nem coluna vertebral e se fixam a partir de um esqueleto, denominado coralito, constituído basicamente de carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$  (s).

Individualmente, o tamanho dos corais varia de alguns milímetros até cerca de 10 centímetros (no máximo), e eles crescem muito lentamente, cerca de 3 mm a 8 mm por ano.

Os corais podem ser divididos em dois grupos: os hermatípicos (hérma vem do grego e significa 'barreira'), que formam recifes e só se encontram nas regiões tropicais, e os  $\alpha$ -hermatípicos, que não formam recifes e se distribuem pelas zonas polares e temperadas.

Os corais hermatípicos são animais coletivos, ou seja, vivem em grandes colônias que crescem constantemente, pois os novos indivíduos se instalam sobre os esqueletos de outros já mortos, originando os recifes.

As colônias de coral só existem em águas cuja temperatura média se mantém entre 20 °C e 25 °C. Qualquer variação brusca de temperatura das águas dos oceanos pode abalar seriamente o delicado equilíbrio desse ecossistema, comprometendo sua continuidade. Por isso, os recifes são geralmente usados para definir os limites do ambiente marinho tropical.

O nome coral vem do latim corallium, que significa 'dotado de cor' e se refere principalmente aos corais hermatípicos. A cor do coral, porém, não é própria desse animal, mas sim o resultado de uma simbiose (união entre seres vivos) entre os corais e algumas espécies de algas microscópicas, denominadas **zooxantelas**.

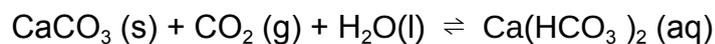
Essas algas coloridas vivem “aprisionadas” em células da epiderme do coral numa quantidade aproximada de 7 mil algas por milímetro quadrado.

Os corais protegem as zooxantelas contra os predadores e fornecem  $\text{CO}_2$  (g) (eliminada pela respiração) para que elas façam fotossíntese, além de excretarem nitrogênio, fósforo e outros minerais que as algas utilizam como nutrientes. As zooxantelas, por sua vez, produzem glicose e oxigênio, fornecendo energia para o coral, além de ajudarem na formação do carbonato de cálcio do coralito.

Ocorre que, quando a temperatura da água aumenta, essa parceria é rompida. Não se sabe ao certo como acontece, o fato é que as zooxantelas vão embora, e os corais ficam brancos e, embora consigam sobreviver por algum tempo, tornam-se frágeis e podem não ter energia suficiente para a reprodução.

Por outro lado, a diminuição da temperatura das águas também é prejudicial.

Os corais fixam-se sobre uma base de carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$  (s), que eles mesmos produzem, e em contato com a água e com o gás carbônico dissolvido estabelecem o seguinte equilíbrio químico:



Sabemos que, quando a temperatura diminui, a solubilidade do gás carbônico aumenta.

Aumentando a quantidade de gás carbônico na reação acima, o equilíbrio desloca-se no sentido direto, de modo a consumir o  $\text{CO}_2$  (g) em excesso, o que acaba provocando a dissolução do carbonato de cálcio e fragilizando a base que os corais utilizam para se fixar.

Estando frágil, a base de coralito fica mais suscetível aos movimentos das águas e dos seres que vivem ao redor, podendo se romper, o que significa a morte do coral.

## **Anexo 5 – Ilha na Itália dá pista sobre futuro ácido dos oceanos**

Adeus corais e ouriços-do-mar. Olá algas verdes e espécies invasoras. A julgar por um ecossistema marinho estudado na Itália, esse pode ser o retrato dos oceanos do planeta num futuro próximo, quando o excesso de gás carbônico tiver tornado o mar mais ácido.

A afirmação é de um grupo de oceanógrafos europeus, que descreveu as mudanças na fauna e na flora marinhas em águas cuja acidez local se assemelha à que os cientistas projetam para os mares do mundo todo no final deste século.

Eles estudaram uma comunidade na costa da ilha de Ischia, no mar Mediterrâneo. Ali, chaminés vulcânicas submarinas cospem CO<sub>2</sub> e outros gases o tempo todo, tornando o pH mais baixo, ou seja, deixando a água mais ácida.

O que o grupo viu foi um rearranjo do ecossistema, com a morte dos corais. O quadro é consistente com o que cientistas têm projetado nos últimos anos, desde que o problema da acidificação foi descoberto.

### **Despindo a carapaça**

A acidificação dos oceanos é um dos efeitos mais temidos do aquecimento global. Ela não tem a ver diretamente com a elevação da temperatura, mas mesmo assim estima-se que possa causar um impacto enorme na vida marinha. Os oceanos são a principal 'esponja' do CO<sub>2</sub> em excesso emitido por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis. Na água, o gás carbônico forma ácido carbônico. Este, por sua vez, dissolve o carbonato de cálcio, matéria-prima dos esqueletos dos corais, das conchas dos moluscos e das carapaças dos microrganismos do fitoplâncton.

Além de ameaçar a vida de milhares de espécies calcificadoras, a acidificação tem um outro aspecto negativo: as carapaças calcárias dos organismos marinhos são um mecanismo vital de 'sequestro' de carbono, já que se depositam

no fundo do mar quando essas criaturas morrem, formando rocha calcária. Sem esse 'sequestro', a capacidade do mar de absorver CO<sub>2</sub> fica comprometida e o mundo pode ficar ainda mais quente [...]."

Disponível em: <[www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe0906200801.htm](http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe0906200801.htm)>. Acesso em: 15 out. 2015.

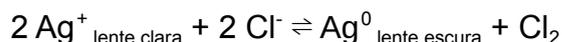
## Anexo 6 – Fenômenos do cotidiano que envolvem equilíbrios

### Equilíbrio químico em lentes fotossensíveis

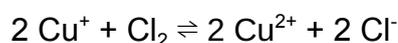
Lentes fotossensíveis que escurecem ou clareiam conforme a luminosidade local são feitas de um vidro fotocromático que contém cristais de cloreto de prata aprisionados entre os tetraedros de sílica que constituem o vidro, além de uma pequena quantidade de íons cobre I.

Nesse tipo de lente ocorrem os seguintes equilíbrios:

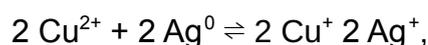
1. Quando a luz incide sobre a lente, o equilíbrio se desloca no sentido de formação de prata metálica, e a lente fica escura:



2. Ao mesmo tempo, os íons  $\text{Cu}^+$  reagem com o  $\text{Cl}_2$  regenerando os íons  $\text{Cl}^-$ :



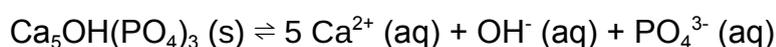
3. Longe da exposição direta à luz, a lente volta a ficar clara, pois os íons  $\text{Cu}^{2+}$  reagem com a prata metálica produzindo íons  $\text{Ag}^+$ :



que se unem aos íons cloreto formando novamente cristais de  $\text{AgCl}$ , restabelecendo o primeiro equilíbrio.

### Equilíbrio químico nos dentes

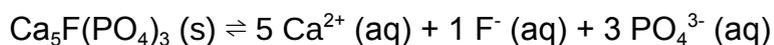
O principal constituinte do esmalte dos dentes é a hidroxiapatita,  $\text{Ca}_5\text{OH}(\text{PO}_4)_3$  (s). Por estar em meio aquoso (saliva), a hidroxiapatita entra em equilíbrio de dissociação de seus íons:



O consumo de alimentos ou bebidas ácidas (como refrigerantes) desloca o equilíbrio de dissociação da hidroxiapatita no sentido direto, fragilizando o esmalte dos dentes.

Escovar os dentes com uma pasta alcalina (de  $\text{pH} > 7$ ) desloca o equilíbrio no sentido inverso, ajudando a torná-los mais resistentes.

Pastas que contêm íons fluoretos,  $\text{F}^-$ , também podem tornar o esmalte dos dentes mais resistentes, porque os íons  $\text{F}^-$  têm a propriedade de substituir os íons  $\text{OH}^-$  na hidroxiapatita, formando fluorapatita, cujo equilíbrio de dissociação não se desloca no sentido direto tão facilmente na presença de ácidos.



Isso ocorre porque os ácidos que seriam formados para consumir os íons  $\text{F}^- (\text{aq})$  (ácido fluorídrico,  $\text{HF}$ ) ou  $\text{PO}_4^{3-}$  (ácido fosfórico,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) são respectivamente forte e semiforte e tendem a permanecer ionizados.

### **Equilíbrio químico na ingestão de remédios**

O ácido acetilsalicílico (AAS) é um medicamento tomado por milhões de pessoas para aliviar as dores (e geralmente sem prescrição médica, o que é muito perigoso).

E por que é perigoso? Por ser um ácido, a aspirina sofre ionização em meio aquoso, estabelecendo o seguinte equilíbrio químico:



Assim, quando se toma, com um pouco de água, um medicamento que contém o AAS, a maior parte do medicamento encontra-se na forma ionizada, e na forma de ânion ela não passa através da camada protetora das paredes do estômago.

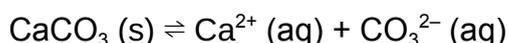
Como o estômago é um meio muito ácido, ele desloca o equilíbrio descrito no sentido inverso, reconstituindo a forma neutra da aspirina. Na forma neutra, ela pode

atravessar a camada protetora das paredes do estômago, causando hemorragia em algumas pessoas, o que pode ter graves consequências à saúde

## Anexo 7 – Efeito tampão nos oceanos

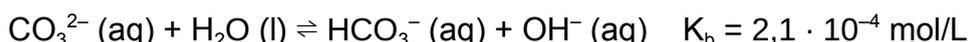
Nos oceanos, há uma quantidade imensa de seres marinhos que produzem carbonato de cálcio, tanto na forma de conchas, carapaças, esqueletos quanto de coralitos (estruturas que fixam os corais).

A grande quantidade de  $\text{CaCO}_3$  (s) existente nos oceanos dá origem ao equilíbrio:



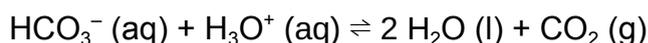
Por causa desse equilíbrio, a água do mar saturada por gás carbônico dissolvido apresenta pH igual a  $8,3 \pm 0,3$ .

O caráter alcalino da água do mar deve-se ao fato de o íon carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ , fornecido pelo equilíbrio de dissolução do  $\text{CaCO}_3$  (s), ser uma base fraca conjugada do íon bicarbonato,  $\text{HCO}_3^-$  (aq), e, por isso, sofrer hidrólise, produzindo íons hidróxido,  $\text{OH}^-$  (aq).

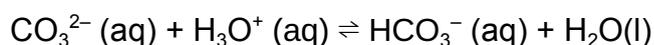


A função principal do equilíbrio acima é o tamponamento do pH da água do mar.

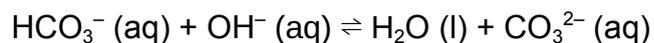
A adição de ácidos pela atividade vulcânica submarina, que libera ácido sulfídrico,  $\text{H}_2\text{S}$  (aq), entre outros, é neutralizada pelo íon bicarbonato que libera  $\text{CO}_2(\text{g})$  para a atmosfera:



e também pela reação do íon carbonato, formando bicarbonato:



Já o aumento da concentração de íon hidróxido é neutralizado pela reação:



Essa reação provoca um aumento da concentração de íons carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ . Se a água do mar estiver acima do limite de saturação do carbonato de cálcio, haverá precipitação de  $\text{CaCO}_3(\text{ppt})$ . Acredita-se que o excesso de  $\text{CaCO}_3(\text{ppt})$  nas águas profundas explique, de certa forma, como a elevada capacidade das águas dos oceanos em absorver gás carbônico não provoca diminuição do pH das águas.

## Anexo 8 – Alcalose e acidose

Todos os fluidos do corpo humano possuem íons hidrônio,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ . O controle da concentração desses íons é um fator fisiológico muito importante, pois mesmo as menores mudanças de pH podem causar profundas alterações nos processos metabólicos, podendo até levar à morte.

Em condições normais, o pH dos líquidos extracelulares fica entre 7,35 e 7,45, mantendo -se aproximadamente em 7,4.

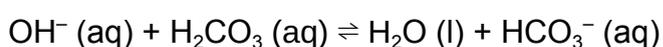
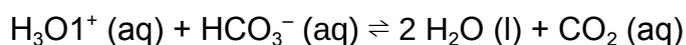
O pH normal do sangue arterial é 7,4; o do sangue venoso e dos líquidos intersticiais é de 7,35. A diferença é por causa da maior concentração de dióxido de carbono,  $\text{CO}_2(\text{aq})$ , existente nos líquidos intersticiais.

- Se o pH do sangue arterial estiver abaixo de 7,4, configura-se um quadro de acidose.
- Se o pH do sangue arterial estiver acima de 7,4, configura-se um quadro de alcalose.

O limite inferior de pH do sangue arterial que uma pessoa pode apresentar sobrevivendo por tempo reduzido é 7,0; o limite superior é de aproximadamente 7,8.

O organismo humano possui diversos sistemas de controle para evitar modificações do pH. O primeiro é que todos os líquidos orgânicos possuem sistemas de tampões, que se combinam imediatamente com qualquer ácido ou qualquer base, evitando alterações acentuadas na concentração de íons  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ .

O processo de tamponagem mais comum envolve o equilíbrio entre o íon bicarbonato,  $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ , e o gás carbônico dissolvido em água ou ácido carbônico,  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ :



Desse modo, é possível manter o pH do sangue praticamente constante.

Caso o equilíbrio ácido-básico do organismo seja alterado acentuadamente é ativado o segundo sistema, ou seja, a estimulação do centro respiratório, modificando-se a taxa de ventilação pulmonar. Dessa forma, altera-se a taxa de desenvolvimento de remoção do gás carbônico do organismo até que seja restabelecido o equilíbrio orgânico.

O terceiro sistema para normalização da taxa de íons  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  é feito pelos rins, que podem excretar urina ácida ou básica.

Esses sistemas agem com taxas de desenvolvimento diferentes: os tampões entram em ação simultaneamente à ocorrência do desequilíbrio; os pulmões reagem em alguns minutos, e os rins respondem ao desequilíbrio em algumas horas. Embora a resposta dos rins seja mais lenta, é a mais eficaz quantitativamente.

Há diversos fatores que podem causar o desequilíbrio ácido-básico do organismo, como a acidose respiratória, desencadeada por lesão no sistema respiratório, obstrução das vias aéreas, pneumonia ou qualquer outro fator que reduza a transferência do  $\text{CO}_2(\text{g})$  sanguíneo para o exterior.

Outro fator é a perda excessiva de álcalis, como na diarreia – que ocorre em casos de desidratação. Nesse quadro há uma grande perda de bicarbonato,  $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ , presente nas secreções gastrointestinais. O efeito é tão grave que chega a ser uma das causas mais comuns de morte em crianças pequenas.

## Anexo 9 – Retomando a Notícia

As atividades industriais e os veículos de transporte têm liberado nos últimos anos uma quantidade colossal de  $\text{CO}_2(\text{g})$  na atmosfera, gerando grande preocupação com um possível aquecimento global (efeito estufa).

A natureza possui diversos mecanismos para remover o excesso de carbono da atmosfera.

O mais conhecido é o realizado pelo reflorestamento. Na fase de crescimento, as árvores demandam uma quantidade muito grande de carbono para se desenvolver e acabam removendo o  $\text{CO}_2(\text{g})$  da atmosfera. Estima-se que cada hectare de floresta em desenvolvimento é capaz de absorver de 150 a 200 toneladas de carbono. Mas, ao contrário, o que estamos fazendo é desmatar áreas verdes cada vez maiores, permitindo que o acúmulo de  $\text{CO}_2(\text{g})$  na atmosfera continue crescendo.

Os oceanos também oferecem mecanismos para remover ou "sequestrar" o carbono da atmosfera que vão além da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton. Verificou-se, por exemplo, que, quando a pressão parcial do gás carbônico na atmosfera aumenta, cresce, paralelamente, a solubilidade do  $\text{CO}_2(\text{g})$  nas águas dos oceanos.

A solubilidade do  $\text{CO}_2(\text{g})$ , porém, é maior em água fria do que em água quente e, por isso, está relacionada à corrente termossalina global (página 19, Volume 1). Ao atingir a temperatura de  $4\text{ }^\circ\text{C}$ , na qual a densidade da água pura é igual a  $1,0\text{ g/mL}$  (seu valor máximo), as águas superficiais atingem a capacidade máxima de absorção de  $\text{CO}_2(\text{g})$  da atmosfera e logo afundam por serem mais densas.

O plâncton e os outros organismos marinhos extraem o  $\text{CO}_2(\text{g})$  da água do oceano e o convertem em carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ , presente em seu esqueleto e carapaça.

Dessa forma, o  $\text{CO}_2(\text{s})$  atmosférico fica aprisionado no oceano. Esse mecanismo, porém, está sendo prejudicado pelo aquecimento global, pois o aumento de temperatura diminui a solubilidade do  $\text{CO}_2(\text{g})$  na água.

A absorção de  $\text{CO}_2(\text{g})$  nas águas dos oceanos dá origem ao íon bicarbonato,



o que eleva a concentração de íons hidrônio,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , no mar. Esse fenômeno pode ser controlado de duas formas: ou pelo deslocamento do equilíbrio acima no sentido inverso, para que ocorra o consumo do íon hidrônio,  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ , em excesso (tamponamento, como vimos na página 227), ou pela mistura natural que ocorre entre as águas superficiais dos oceanos, contendo  $\text{CO}_2(\text{g})$  dissolvido, com as águas profundas, que contêm  $\text{CaCO}_3(\text{ppt})$  em excesso, por meio da seguinte reação:



O problema, nesse caso, é que a mistura completa das águas oceânicas ocorre a cada 1000 anos aproximadamente, ou seja, tudo indica que estamos emitindo gás carbônico na natureza numa velocidade bem maior do que ela é capaz de absorver.

## Anexo 10 – Compreendendo o Mundo

O tema central desta Unidade foram os corais. Vimos que a sobrevivência desse grupo de animais, que abriga uma variedade imensa de outros seres, depende da manutenção de um equilíbrio delicado entre temperatura, luminosidade e quantidade de nutrientes, equilíbrio cada vez mais raro nos dias de hoje.

Segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, na sigla em inglês), a principal causa da degradação dos recifes de corais é a alteração no equilíbrio dos ambientes marinhos em razão da pesca excessiva, da poluição, da agricultura, da devastação de florestas litorâneas e das mudanças climáticas do planeta.

No Brasil, a situação é preocupante. No Nordeste brasileiro, por exemplo, praticamente não há mais recifes de corais por causa de um processo paulatino de destruição que começou no século XVIII, com a extração direta de blocos de recifes para a construção civil, depois para a fabricação de cal e atualmente com o aumento na poluição dos mares pelo despejo de esgoto, resíduos industriais e agrícolas causada por um crescimento da população nas áreas costeiras. Além disso, o desmatamento faz com que mais sedimentos sejam carregados pelos rios e levados aos mares, bloqueando a entrada da luz do Sol, o que dificulta a fotossíntese das algas que vivem em simbiose com os corais.

Outro fator que exige cuidados é a introdução de espécies exóticas trazidas na água de lastro, usada nos cascos dos navios para dar estabilidade. Não é difícil que essa água traga larvas de espécies estrangeiras que competem com as nativas, muitas vezes levando-as à extinção. Um exemplo é o coral sol, originário da Ásia, que tomou conta de 20 quilômetros do canal da Ilha Grande, no litoral fluminense, e agora chegou a Ilhabela, em São Paulo. Segundo especialistas, sua beleza esconde um predador perigoso capaz de eliminar todos os corais nativos.

A degradação dos recifes fez com que se iniciasse um trabalho de monitoramento da saúde dos corais em todos os oceanos. Por causa de sua

sensibilidade a pequenas alterações, os corais são bons indicadores da qualidade e saúde do ambiente marinho.

O Projeto Coral Vivo pesquisa formas de recuperar populações de corais de áreas degradadas. Entre os estudos que realiza, destacam-se técnicas de fertilização in vitro e a produção de recrutas (filhotes de corais) em cativeiro.

Tendo em vista o desconhecimento sobre o assunto em recifes brasileiros, o Projeto Coral Vivo implantou experimentos para acompanhar taxas de crescimento e sobrevivência de recrutas no mar, que foram comparadas com as observadas em cativeiro.

Apesar dos avanços nas pesquisas, a taxa de deposição de carbonato de cálcio nos recifes de coral é de cerca de 10 kg/m<sup>2</sup> /ano, o que significa que os corais crescem em média de 3 mm a 8 mm por ano, ou seja, a velocidade de recuperação nunca vai atingir a de degradação se não tomarmos alguma providência urgente para frear a poluição que estamos causando e para preservar os recifes de corais saudáveis que ainda temos, como os do sul da Bahia.

Na próxima Unidade, vamos estudar os problemas relacionados a um tipo específico de lixo, o lixo eletrônico, que muitas vezes também atinge o meio hídrico, pois, como já dissemos antes, a água é um solvente universal, e todo poluente — sólido, líquido ou gasoso — acaba cedo ou tarde disperso nesse meio.

## **Anexo 11 – Poluição das águas**

Basta abrir a torneira, ligar o chuveiro ou dar descarga e pronto, nos livramos de muita “sujeira”. Tudo tão fácil e simples! Parece que sim, mas não é verdade! Essa simplicidade aparente configura vários problemas. O maior deles está no fato de que a maioria das pessoas nem se interessa em saber o destino que a água usada terá.

A água limpa porque tem grande capacidade de dissolução, mas a “sujeira” não some, vai com a água! A água que entra limpa na sua casa sai suja! O alto consumo e a baixa qualidade da água devolvida após, o uso, vêm trazendo sérias consequências aos recursos hídricos.

Considerando as cinco milhões de pessoas mortas anualmente, vítimas de problemas de saúde, causados pela poluição das águas, pode-se depreender que esse é o mais grave problema de poluição dos recursos naturais!

Das várias formas de poluição, a poluição das águas é uma das mais delicadas, devido, principalmente, a três fatores: a água é imprescindível para qualquer forma de vida; há grande diversidade de poluentes oriundos da atmosfera, dos solos e de diferentes atividades humanas; e o pequeno percentual de água potável à disposição para o consumo no planeta, que é em torno de 1%. Nesse trajeto, dissolvem e carregam diferentes poluentes.

As fontes de poluição das águas decorrem, principalmente, de atividades humanas. Durante o desenvolvimento das cidades, toda dinâmica estabelecida interferiu nos recursos hídricos: a urbanização alterou os sistemas de infiltração e de escoamento das águas das chuvas; a agricultura e os desmatamentos causaram assoreamentos e modificaram leitos de rios e lagos; a construção de grandes obras, como hidrelétricas e represas, acabaram ocasionando modificações em bacias hidrográficas e em florestas, inundando cidades etc.

No quadro, a seguir, estão identificadas diversas interferências das atividades humanas nos recursos hídricos, muitas delas causando prejuízos irremediáveis aos ecossistemas e aos próprios cursos de água. Esses efeitos decorrem, sobretudo, da falta de um desenvolvimento ambientalmente controlado.

## Anexo 12 – Algumas ações com interferência nos recursos hídricos

ALGUMAS AÇÕES COM INTERFERÊNCIA NOS RECURSOS HÍDRICOS			
Atividade	Possível ação inadequada	Consequências diretas	Consequências indiretas
Indústria de materiais de construção, garimpo etc.	Retirada de areia de margens e leitos de rios.	Modificação da calha natural e do transporte de sedimentos.	Assoreamento de rios e erosão.
Garimpo de ouro.	Utilização de mercúrio.	Contaminação da água.	Contaminação de peixes e populações ribeirinhas.
Mineração e usina de carvão.	Emissão de enxofre para a atmosfera.	Chuva ácida.	Acidificação da água de rios, agressões aos ambientes e patrimônios urbanos.
Extração madeireira, pecuária e agricultura.	Desflorestamento.	Mudança na permeabilidade e erosão do solo.	Mudanças no regime hidrológico da bacia; assoreamento de rios e erosão.
Agricultura.	Práticas agrícolas inadequadas.	Perda de solo, carregado para os rios.	Assoreamento e poluição de rios.
	Aplicação inadequada de agrotóxicos e fertilizantes.	Contaminação da água e/ou eutrofização.	Rompimento de equilíbrios biológicos.
	Captação excessiva de água para irrigação.	Subida do lençol freático.	Salinização do solo e da água.
Criação de animais.	Matadouros inadequados.	Carregamento de matéria orgânica e lançamento nos rios.	Poluição da água.
Disposição de resíduos sólidos.	Aterros sanitários mal executados.	Infiltração de poluentes no solo.	Contaminação do lençol freático.
Urbanização.	Ocupação das zonas marginais de rios.	Estrangulamento (construção) das seções de escoamento dos rios.	Inundações.
	Ocupação de encostas.	Erosão de encostas e carregamento de lixo pelas chuvas.	Entupimento de sistemas de drenagem; inundações.
	Pavimentação com asfalto.	Impermeabilização do solo.	Acentuação de enchentes.
	Aumento da concentração de dejetos nas águas.	Sobrecarga de sistemas de tratamento de água.	Degradação do corpo-d'água receptor.

Fonte: *Observatório das Águas*, nº 0. Água e Pacto Federativo, mar. de 2002. p. 15.

## Anexo 13 – Participação cidadã

1. Identifique, no texto, todos os fatores que têm contribuído para a escassez e a deterioração de água no planeta.
2. O Brasil foi pioneiro no aproveitamento das fontes hidrelétricas, na América do Sul e no mundo, graças ao imperador D. Pedro II, que se interessava por invenções e descobertas científicas. Descreva vantagens e desvantagens das usinas hidrelétricas para o Brasil.
3. Quais são os principais fatores que geram uma distribuição diferenciada no consumo per capita de água no globo terrestre?
4. Por que a água dos oceanos e mares é salgada, já que eles são abastecidos por águas das chuvas e rios, que são de águas doces?
5. As águas doces também possuem sais em sua composição? Justifique.
6. Com base na leitura do texto, explique por que a quantidade total de água no planeta tem sido a mesma há bilhões de anos.
7. Em sua opinião, por que existe pouca água potável em relação ao total de água da Terra?
8. Pesquise exemplos de processos alternativos, que permitem explorar as águas que não são potáveis, como a água dos mares e das geleiras, e delas obter água potável.
9. Liste atividades domésticas que desperdiçam água e proponha medidas que permitam diminuir ou mesmo eliminar desperdícios nessas atividades.
10. Calcule a quantidade de água desperdiçada por mês em um vazamento, cujo fluxo é de uma gota por segundo – considere o volume de uma gota como sendo igual a 0,05 mL?
11. O Ministério Público de Minas Gerais verificou que a licença da mina Germano e a da sua barragem Santarém estavam vencidas desde 2013 e a barragem do Fundão passava por obras de alteamento para ampliar sua capacidade, o que também é objeto de investigação, para saber se tem

relação com o acidente. A Samarco está sendo processada pela Justiça e recebeu multas do IBAMA. Investigue sobre a situação atual desse processo e explique o real motivo do acidente de Mariana e por que a demora na tomada de providências. O que poderia ter sido feito para evitar este e tantos outros acidentes em rios brasileiros.

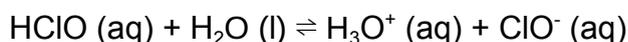
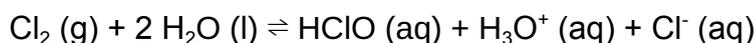
12. Explique como o acidente de Mariana provocou impacto em nível social, ambiental e econômico de uma grande região.
13. Em que os consumidores podem contribuir para diminuir os efeitos ambientais de detergentes em rios e lagos?

### **Ação e Cidadania**

1. Investigue sobre poluição em alguns cursos de águas em sua região e proponha ações com sua turma, para interferir no problema identificado.

## Anexo 14 – Exercícios 75 e 77

75. (ENEM) Uma das etapas do tratamento da água é a desinfecção, sendo a cloração o método mais empregado. Esse método consiste na dissolução do gás cloro numa solução sob pressão e sua aplicação na água a ser desinfetada. As equações das reações químicas envolvidas são:

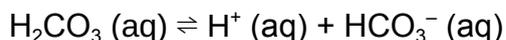
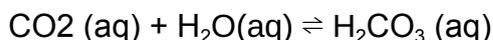
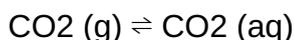


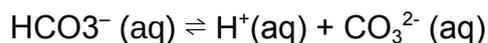
$$\text{pK}_a = -\log K_a = 7,53$$

A ação desinfetante é controlada pelo ácido hipocloroso, que possui um potencial de desinfecção cerca de 80 vezes superior ao ânion hipoclorito. O pH do meio é importante, porque influencia na extensão com que o ácido hipocloroso se ioniza. Para que a desinfecção seja mais efetiva, o pH da água a ser tratada deve estar mais próximo de:

- a) 0.                      b) 5                      c) 7.                      d) 9.                      e) 14.

77. Para promover a manutenção de diversos tipos de espécies, a água do mar é ligeiramente ácida, com seu pH entre 7,4 e 8,5, uma variação muito pequena, isto ocorre por conta de diversas reações relacionadas ao gás carbônico que tendem a manter o pH constante. Parte do processo está ilustrado abaixo.





Julgue os itens como C correto e E errado.

1. O  $\text{H}_2\text{CO}_3$  em solução aquosa dissocia-se formando os íons  $\text{OH}^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ .
2. Segundo os processos acima, infere-se que o pH da água é levemente ácido.
3. As quatro equações ocorrem simultaneamente e configuram uma solução tampão.
4. Caso haja excesso de íons  $\text{H}^+$  o sistema se deslocará no sentido que produza  $\text{CO}_3^{2-}$ .
5. Na equação 1 pode ocorrer o equilíbrio físico entre o gás carbônico dissolvido e gasoso.
6. O aumento de  $\text{CO}_2$  é prejudicial para diversos seres marinhos por provocar a acidificação do ambiente marinho.

## **Anexo 15 – Ácidos e bases na linguagem cotidiana**

Um exemplo de equilíbrio que é fundamental para entender o comportamento de vários sistemas, como o sangue e os oceanos, é o equilíbrio ácido-base. Várias palavras associadas a esse tipo de equilíbrio passaram a povoar o nosso cotidiano.

Na atividade a seguir, vamos resgatar alguns usos dessas palavras e discutir seus significados.

### **QUESTÕES PRELIMINARES**

30) certamente vocês já ouviram falar de pH, xampu neutro, ácidos, alcalinos e antiácidos. cite alguns contextos ou situações em que vocês já se depararam com algumas dessas palavras sendo utilizadas.

31) Façam uma pesquisa em revistas, jornais e na internet e selecionem reportagens e/ou anúncios em que as palavras relacionadas na questão 30 aparecem.

32) Nosso estômago é um órgão que está em contato com uma secreção muito ácida, o suco gástrico. quando uma pessoa se alimenta mal ou tem algum problema emocional, a produção do suco gástrico pode aumentar, causando o que se conhece como azia. Para aliviar esse sintoma, as pessoas costumam consumir os chamados antiácidos. em uma farmácia, selecionem e pesquisem algumas embalagens de antiácidos e determinem seus princípios ativos. é interessante que vocês indiquem o nome dos medicamentos consultados.

## Anexo 16 – Condições que afetam o estado de equilíbrio químico

Na atividade de Investigação da página 162, discutimos que existe interesse econômico em fazer com que uma reação química se processe com a maior extensão possível no sentido de formar os produtos. Dissemos que, muitas vezes, isso é possível alterando as condições em que a reação se processa; por exemplo, variando a pressão e a temperatura. Um exemplo interessante é o desenvolvimento do processo industrial de produção de amônia ( $\text{NH}_3$  (g)).

No início do século XX, a questão da produção de alimentos era muito importante para a Europa, onde a área disponível para a agricultura é muito reduzida. Era importante, naquela época, aumentar a eficiência na produção de alimentos com o uso de fertilizantes. O uso de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) para fertilizar os solos já era uma prática comum no século XIX. Com a descoberta de que a amônia ( $\text{NH}_3$ (g)) poderia ser utilizada como matéria- -prima para a produção de fertilizantes nitrogenados, alguns cientistas começaram a estudar as possibilidades de transformar o gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) do ar em nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) ou  $\text{NH}_3$  (g) assimiláveis pelas plantas.

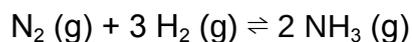
Alguns processos foram desenvolvidos, mas em todos eles o rendimento da produção de  $\text{NH}_3$  (g) era baixo e envolvia um grande gasto energético. Desde 1795, já se sintetizava  $\text{NH}_3$  (g) a partir dos gases hidrogênio ( $\text{H}_2$ ) e nitrogênio ( $\text{N}_2$ ). No entanto, à pressão e temperatura ambientes, a reação produzia uma quantidade muito pequena de  $\text{NH}_3$  (g), e a elevação da temperatura parecia não contribuir para aumentar significativamente sua produção.

Foi Fritz Haber (1868-1934), químico alemão, quem resolveu, do ponto de vista da Química, o problema da síntese de  $\text{NH}_3$  (g) a partir de nitrogênio e hidrogênio. Isso lhe valeu o Prêmio Nobel de Química de 1918. Já os problemas técnicos para a produção industrial de  $\text{NH}_3$  (g) foram resolvidos por Carl Bosch

(1874-1940). Até hoje, praticamente toda a produção mundial da amônia utiliza o processo conhecido como **Haber-Bosch**.

A solução do problema químico de produção de  $\text{NH}_3$  (g) a partir de nitrogênio e hidrogênio é um exemplo clássico de como a variação das condições de temperatura e pressão em que ocorre uma reação pode afetar a quantidade de produto obtida ou a extensão em que a reação ocorre.

A equação da reação de produção de  $\text{NH}_3$  (g) a partir de nitrogênio e hidrogênio pode ser escrita da seguinte forma:



$$\Delta H = 545,9 \text{ kJ/mol de amônia, a } 298 \text{ K (} 25 \text{ }^\circ\text{C)}$$

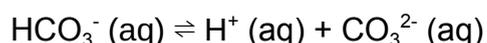
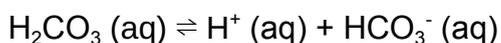
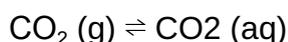
O exame da equação permite perceber que todas as espécies envolvidas são gasosas, que o número de moléculas gasosas é maior nos reagentes do que nos produtos e que a reação é exotérmica, portanto libera energia sob a forma de calor para o ambiente.

## Anexo 17 – O comportamento químico dos oceanos e os sistemas-tampão

Os oceanos são sistemas complexos e neles as transformações químicas ocorrem em profusão. Dentre essas transformações, algumas contribuem para a circulação do carbono pelo planeta, o chamado **ciclo do carbono**.

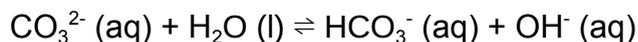
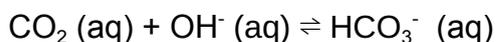
A maior parte do carbono que se encontra nos oceanos está sob a forma do que costumamos chamar de carbono inorgânico. O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$  (g)) dissolve-se em água formando o  $\text{CO}_2$  (aq), o qual forma uma mistura em equilíbrio que contém íons carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Em sistemas nos quais os valores de pH são menores do que aqueles encontrados nas águas dos oceanos, também está presente o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). As equações das reações envolvidas são:



As águas dos oceanos, em geral, apresentam pH entre 8 e 8,3 pelo fato de conterem mais íons hidróxido do que íons hidrogênio.

Além disso, contêm uma mistura de carbonato e bicarbonato com cerca de 13% de carbonato:



Podemos então representar o que ocorre quando o gás carbônico se dissolve em água por:



Nessa transformação química, os íons carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) estão em equilíbrio e isso tem um papel importante no controle de pH das águas naturais. Esse controle é fundamental, pois, por exemplo, os peixes não

sobrevivem a grandes variações na acidez do meio e morrem se o pH atinge valores entre 4,5 e 5.

Os oceanos são sistemas interessantes, pois é possível adicionar quantidades relativamente grandes de ácidos e bases sem que isso resulte em variações significativas no pH de suas águas. Por isso, consideramos que os oceanos são sistemas tamponados. No caso das águas de rios e lagos, nem sempre isso vai ocorrer. Por isso, em rios e lagoas, observa-se mortandade de peixes quando há variações abruptas de pH em decorrência do lançamento de determinados tipos de efluentes. Os oceanos estão menos sujeitos a essas variações, pois o volume de água é enorme.

O sistema-tampão dos oceanos é muito complexo e, além de envolver as transformações das espécies carbonato, gás carbônico e bicarbonato, as águas do mar também contêm fosfatos, silicatos, boratos e outras espécies que também funcionam como tampão. O principal responsável pelo controle de pH é, entretanto, o sistema carbonato/bicarbonato.

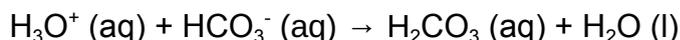
Alterações ambientais podem ter impacto na manutenção das concentrações de  $\text{CO}_2$  nas águas. No entanto, ainda não se conhecem muito bem quais podem ser esses efeitos, principalmente em grandes corpos de água, como é o caso dos oceanos. Esse é um campo de investigação no qual os químicos podem oferecer contribuições significativas.

## Anexo 18 – Equilíbrio químico no sangue?

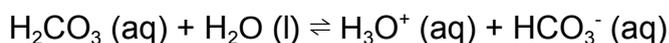
O equilíbrio químico e os sistemas-tampão têm um papel importante para o funcionamento do organismo humano e de outros animais.

Nos seres humanos, o pH do plasma sanguíneo normalmente está entre 7,35 e 7,45. Se, por algum distúrbio ou doença, o valor do pH ficar acima de 7,8 ou abaixo de 6,8, a pessoa pode sofrer danos irreversíveis em seu cérebro ou até falecer. Felizmente, o sangue humano é um sistema tamponado e essa característica está associada à presença das espécies bicarbonato/ácido carbônico ( $\text{HCO}_3^-/\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

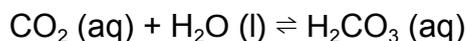
Se alguma espécie ácida entrar na corrente sanguínea, os íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ) reagem com os íons bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ ) formando ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ ), o que pode ser representado pela equação:



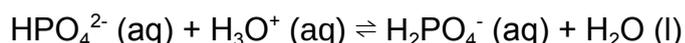
Como o  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  é um ácido fraco, existe um equilíbrio entre os  $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$  e o  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ .



Se alguma espécie básica entrar na corrente sanguínea, reagirá com os íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ) para formar água. Assim, uma maior quantidade de moléculas de  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  ionizará para repor os  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  que interagiram e mais  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  será formado a partir do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) dissolvido no sangue:



O sistema fosfato/monodrogenofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$ ) também atua como tampão no sangue.



Além dos dois sistemas citados anteriormente, as proteínas também atuam como tampão no sangue. Isso ocorre porque, em sua estrutura, as proteínas contêm grupos  $\text{COO}^-$ , que podem funcionar como receptores de  $\text{H}^+$ , e grupos  $-\text{NH}_3^+$ , que podem funcionar como doadores de  $\text{H}^+$ .

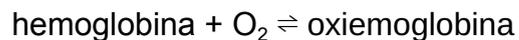
Esses três sistemas-tampão são os responsáveis pela manutenção do pH do sangue. Eles são capazes de suportar alguma variação nas quantidades de ácidos e bases, mas essa capacidade tem limite.

Você já sentiu dor muscular depois de uma atividade física prolongada?

A dor muscular é consequência da sobrecarga dos sistemas-tampão pela liberação de ácido láctico produzido pela contração muscular. O excesso de ácido láctico não é absorvido e o pH do sangue diminui. As células nervosas respondem a essa diminuição do pH enviando uma mensagem de dor ao cérebro.

Outro exemplo de sistema em equilíbrio no sangue é aquele envolvido na respiração celular. A oxiemoglobina é a responsável pelo transporte de oxigênio dos pulmões às células. Esse transporte envolve uma interação química entre o oxigênio do ar e a hemoglobina.

O complexo resultante é conhecido como oxiemoglobina e encontra-se em equilíbrio com a hemoglobina, podendo ser assim representado:



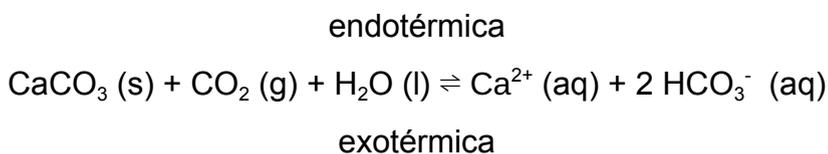
Ao chegar às células, o oxigênio é liberado e a hemoglobina livre poderá novamente transportar o oxigênio.

Em localidades de maior altitude, a concentração de oxigênio é menor e o equilíbrio é deslocado no sentido de produzir mais reagentes, diminuindo a concentração de oxiemoglobina presente no sangue. Após algum tempo, o organismo vai se adaptando e produzindo mais hemoglobina, o que desloca o equilíbrio no sentido da formação dos produtos. A falta de oxiemoglobina é a responsável pelos desconfortos que sentimos em locais de altitude elevada, como dores de cabeça, náuseas e fadiga intensa.

## Anexo 19 – Questões 47 e 73

47 – (Acafe-SC) Nos oceanos, há uma quantidade imensa de seres marinhos que produzem carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), seja na forma de conchas, carapaças, esqueletos ou coralitos (estruturas que fixam os corais). A dissolução do carbonato de cálcio provoca a fragilização da base que os corais utilizam para se fixar, o que pode significar sua morte.

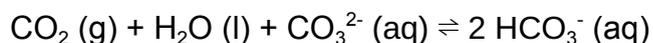
O carbonato de cálcio, em contato com a água e com o gás carbônico dissolvido, estabelece o seguinte equilíbrio químico:



Alguns fatores podem abalar seriamente o delicado equilíbrio desse ecossistema, fazendo com que haja dissolução do carbonato de cálcio. indique a afirmativa **verdadeira**:

- a) Uma diminuição de  $\text{CO}_2$  dissolvido na água do mar provoca dissolução do  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ .
- b) Uma diminuição de temperatura das águas dos oceanos provoca um deslocamento do equilíbrio para a direita.
- c) O aquecimento global não interfere no equilíbrio acima.
- d) Um aumento de temperatura das águas dos oceanos provoca dissolução do  $\text{CaCO}_3 (\text{s})$ .
- e) A dissolução do carbonato de cálcio não interfere na vida marinha.

73 – (UFTM-MG) A água dos oceanos tem pH próximo de 8, que se mantém por meio do equilíbrio entre os íons carbonato e bicarbonato, representado na equação.



Os corais são formados de carbonato de cálcio, substância praticamente insolúvel em água. Algumas pesquisas recentes indicam que o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  na atmosfera pode provocar o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  nos oceanos, o que contribuiria para o desaparecimento dos corais dos oceanos e perturbaria o equilíbrio ecológico da vida marinha.

a) Estime a concentração de íons  $\text{OH}^-$  numa amostra de água dos oceanos, considerando  $K_w = 10^{-14}$ .

b) A partir do equilíbrio químico apresentado, explique como o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico pode contribuir para o desaparecimento dos corais dos oceanos.