



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

BRENO RAMIRO ROCHA

**ANÁLISE DE TEXTOS PRESENTES EM UM LIVRO
DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA VISANDO O USO PARA
FINS DIDÁTICOS: LACUNAS E POTENCIALIDADES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

2.º/2020



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA**

BRENO RAMIRO ROCHA

**ANÁLISE DE TEXTOS PRESENTES EM UM LIVRO DE
DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA VISANDO O USO PARA
FINS DIDÁTICOS: LACUNAS E POTENCIALIDADES**

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

Orientador: Roberto Ribeiro da Silva

2.º/2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por tudo que foi proporcionado durante esses anos.

Aos meus pais, pelo carinho e dedicação e por sempre me darem todo o suporte para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Ao querido professor/orientador Roberto Ribeiro da Silva, por todo apoio que foi dado durante todo esse processo.

Aos amigos que me ajudaram e sempre acreditaram no meu sucesso me dando forças nos momentos que foram necessários.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	6
CAPÍTULO 1	8
Divulgação Científica.....	8
Difusão Científica e o Jornalismo Científico	11
O conhecimento científico e a Ciência.....	15
Ciência e Tecnologia	19
As características de um texto de divulgação científica.....	23
Analogias.....	25
CAPÍTULO 2	29
Metodologia.....	29
CAPÍTULO 3	31
Resultado e discussão.....	31
Análise Capítulo 1 – Átomos	31
Análise Capítulo 2 – Elementos	39
Análise Capítulo 3 – Isótopos	46
Análise Capítulo 40 – Plásticos.....	51
Análise Capítulo 44 – Drogas	57
Análise comparativa dos textos.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS	71
ANEXOS.....	73

RESUMO

A divulgação científica tem um papel importante na sociedade, contribuindo para que o conhecimento sobre a Ciência seja acessível a toda população. Então, para cumprir com seu objetivo, as informações a serem divulgadas precisam de um veículo para chegarem ao público, seja por meio da internet, jornais, revistas ou livros, entre outros. A utilização de textos de divulgação científica em sala de aula pode incentivar os estudantes a praticarem mais a leitura de textos científicos, contribuindo diretamente no interesse nas áreas de Ciências. Consequentemente, poderá melhorar o desempenho escolar. Tendo isto em mente, este trabalho busca analisar alguns textos presentes em um livro com foco em divulgação científica, ou seja, com uma linguagem simples e acessível ao público leigo. A análise é dada mediante alguns critérios descritos na literatura em relação ao conteúdo e a forma do texto, e também utilizando alguns critérios adicionais que são considerados importantes e necessários em um texto de divulgação científica. Assim, este trabalho busca uma possível utilização destes textos em sala de aula, observando se estes seriam possíveis geradores de obstáculos epistemológicos. Foram analisados cinco textos e, a partir da análise realizada, três deles puderam ser recomendados para uso em sala de aula. Já os outros dois, um se mostrou inviável para ser utilizado e, para utilizar o outro, é recomendado que seja feita uma adaptação do texto, devido a presença de problemas conceituais e analogias consideradas ruins.

Palavras-chaves: divulgação científica; popularização da ciência; temas atuais da química.

INTRODUÇÃO

Como uma forma de democratização do saber, todo cidadão tem o direito à informação. Contudo, também é importante mais que apenas o acesso a tal. O indivíduo necessita da possibilidade de ressignificar o conhecimento, avaliá-lo e compará-lo, ainda que este não esteja no meio científico-tecnológico. Então, a utilização de textos de divulgação científica na área de educação em Ciências contribui para que estes hábitos permaneçam nos estudantes mesmo após terem deixado o contexto escolar.

A divulgação científica, como pressuposto básico, busca garantir o acesso aos conhecimentos da Ciência e da tecnologia, evidenciando seus impactos na sociedade e no ambiente. Com isso, também reconhecendo que é importante problematizar as atividades de divulgação. Deste modo, os estudantes como cidadãos e inclusos em discussões relacionadas à Ciência serão capazes de lidar com alguns temas específicos que terão impactos nas suas vidas.

No Brasil, os textos de divulgação científica são recomendados enquanto fontes de conhecimento adicionais, ou seja, além do livro didático. Isto segundo a Base Nacional Curricular Comum (BRASIL, 2018). Muitos autores na literatura defendem a ideia do uso destes textos no ensino por eles retratarem uma maneira de contextualizar os conhecimentos científicos presentes nos conteúdos disciplinares. Também ocorre um incentivo à prática da leitura de textos científicos, consequentemente, os estudantes serão familiarizados com os conceitos e terminologias científicas, sendo capazes de compreender a natureza da atividade científica. Trabalhar com este tipo de material busca uma contribuição direta no interesse e desempenho escolar dos alunos nas áreas de Ciências.

O uso de materiais diversos que são encontrados em meios como revistas, jornais e internet — materiais que não foram produzidos com a intenção de serem utilizados em sala de aula — necessita de uma escolha criteriosa, tanto como uma preparação para a possibilidade de seu uso no ensino. Portanto, a escolha destes textos requer participação ativa dos professores para analisá-los, selecioná-los e, se necessário, adaptá-los para que estes se adequem no contexto de ensino. Assim, critérios como a relevância do texto para o ensino de Ciências, assuntos que tratam de controvérsias atuais da Ciência, entre outros, são levados em conta.

Seguindo esta premissa, este trabalho tem por objetivo analisar textos de divulgação científica contidos em um livro, visando uma possível utilização deles como

material de apoio em sala de aula e, também, identificar o uso de analogias e simplificações que podem causar confusões na abordagem de determinados conteúdos.

CAPÍTULO 1

Divulgação Científica

A Divulgação Científica (DC) tem como um dos seus principais objetivos a popularização da Ciência e, desta forma, tem-se a tradução de uma linguagem especializada (a linguagem esotérica) para uma mais simples. De acordo com Nascimento (2005), o grupo de produtores de DC, que é formado por cientistas e jornalistas, constitui o que é chamado de círculo esotérico, em que aqueles que o compõe partilham de um mesmo pensamento.

Assim, o conhecimento científico é ensinado aos leigos por meio da intervenção daqueles que estão no coletivo de pensamento e iniciados em uma área específica. Logo, tem-se uma circulação intercoletiva de ideias, neste caso, a troca de informações entre o círculo esotérico (saber especializado) e o círculo exotérico (saber popular). Isto é, do grupo de produtores da DC para o público não especialista. Assim, o discurso da DC não pode se valer da linguagem esotérica, a qual é utilizada por e para os especialistas nos discursos científicos. Desta forma, dando abertura para uma linguagem simplificada, com uso de comparações, aproximações e emprego de analogias (NASCIMENTO, 2005).

No século XIX, costumava-se chamar esta linguagem de vulgar, a qual era acessível ao público em geral, utilizando-se deste termo em seu significado de ser algo relativo ou pertencente à plebe, ou seja, popular. Assim, a ação de falar de Ciência para os leigos passou a ser denominada Vulgarização Científica (CARNEIRO, 2014).

A preocupação em ter o conhecimento científico aproximado do público não é algo recente. De fato, ela surgiu junto com a Ciência, pois, apesar de as obras escritas na época não serem consideradas como divulgação científica, elas evidenciam que os cientistas tentavam reduzir o esoterismo. Por exemplo, Galileu, em 1624, ao escrever seu livro *Diálogo sobre dois máximos do sistema do mundo Ptolomaico e Copérnico*, não utilizou a língua oficial da Ciência, que naquele contexto era o latim, tendo escrito na sua língua nativa, tornando seu texto acessível ao público (CARNEIRO, 2014)

Em sua publicação, Galileu não somente possibilitou uma maior divulgação de ideias e entendimento do conhecimento científico através da linguagem, como também utilizou metodologias, conhecidas e bem comuns na época, que fizeram com que a leitura tivesse mais sentido para o leitor e, ao mesmo tempo, se tornasse ainda mais compreensível (CARNEIRO, 2014).

Com decorrer do tempo e com a evolução da Ciência, outros pesquisadores também demonstraram a mesma preocupação em suas obras. Por exemplo, Einstein (1916), ao publicar *A teoria da relatividade especial e geral*, utilizou de vários exemplos e de uma linguagem simplificada para facilitar a leitura ao público leigo. Já Faraday, no início do século XIX, publicou uma obra que tinha por público-alvo as crianças (CARNEIRO, 2014).

No Brasil, a divulgação científica teve suas primeiras iniciativas com a criação da Sociedade Científica do Rio de Janeiro em 1772. Um pouco mais tarde, o grupo teve seu nome alterado para Sociedade Literária do Rio de Janeiro, apesar de continuar exercendo suas atividades científicas. O século XIX foi uma época de grande crescimento para a divulgação da Ciência, neste período foi criado, no Brasil, o Museu Nacional, que é um importante meio de divulgação do conhecimento científico e tecnológico (CARNEIRO, 2014).

Em 1810, alguns fatos históricos ajudaram a fortalecer a divulgação científica nacional, tendo em vista o surgimento da imprensa brasileira ocorrido devido à chegada da família real portuguesa no país. Nesta época, as iniciativas de popularizar a Ciência já existiam oficialmente, porém, ocorria uma dificuldade na impressão de livros, folhetos e jornais — todos estes são meios de divulgação científica — porque esta era feita na Europa. Este quadro se alterou generosamente a partir do estabelecimento da imprensa, assim, durante parte do século XIX foram publicados cerca de sete mil periódicos, dentre os quais 4,3% eram relacionados à Ciência indireta ou diretamente (CARNEIRO, 2014).

Com a chegada de novas tecnologias, a divulgação científica também se apropriou dessas inovações para cumprir seu papel e, durante toda sua história, o interesse e preocupação foram os mesmos, transformando apenas a forma como os objetivos eram alcançados. Assim, podemos observar que no século XIX, predominantemente, a veiculação era escrita e oral, o que refletia em certas limitações para o leitor, pois este necessitaria de um grau de instrução maior para consumir essas informações, tendo em vista que nem todos possuíam domínio de leitura.

Diferentemente, no século XX, os índices de alfabetização nacional aumentaram significativamente. Assim, a imprensa ganhou espaço na sociedade e, também, avançou tecnologicamente, se ampliando com os meios audiovisuais de comunicação, alcançando o público geral por meio do rádio, da TV e do cinema. Na conjuntura atual, o conhecimento científico tornou-se ainda mais presente no dia a dia, abrangendo a *internet* como mais um meio de divulgação.

Os avanços tecnológicos contribuem grandemente para o avanço da divulgação científica, assim, considerando que se tornou comum ter um celular, uma TV em casa e, em alguns casos, também um computador. Conseqüentemente, a restrição do público diminui, até porque o analfabetismo não se faz tão presente como no século XIX, quando o acesso aos jornais, às revistas e livros era restrito devido a isto. Com isso, aumentou não somente o escopo da divulgação científica, mas também, o desafio de se divulgar a Ciência, sabendo da variedade e diversidade de pessoas — com perfis e grau de instrução diferentes — que receberão as informações, as quais podem acabar sendo distorcidas por interpretações. Por isto, reafirma-se a necessidade de uma linguagem simples e, em alguns casos, exemplificações.

No que diz respeito à figura do divulgador científico, cabe a este, adaptar a linguagem do conhecimento científico, de maneira que a defasagem entre a sociedade e a comunidade científica seja estreitada (CARNEIRO, 2014). Para Hernando (1997), que defende esta ideia:

Diante dessa situação, é importante levar a Ciência ao público, para atender assim a demanda social de informação científica e para que os cientistas, jornalistas e escritores ajudem o homem comum a superar seus temores em relação à Ciência (HERNANDO, 1997, p. 38).

Porém, a defasagem entre a Ciência e o público não é algo simples de ser reduzido, a prática da divulgação científica pode contribuir, mas devido a produção do conhecimento científico não ser estável — o avanço da produção do conhecimento científico implica a especialização da Ciência existindo milhares de áreas de investigação científica, todas em constante ebulição (CARNEIRO, 2014), — a comunicação entre os pesquisadores de outras áreas torna-se mais difícil, concomitantemente, a distância entre a sociedade e a Ciência se alarga.

Em um âmbito social, na Declaração Universal dos Direitos Humanos (ONU, 1948) está presente o direito à informação. Partindo disto, foi criada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), a Secretaria de Ciência e Tecnologia para Inclusão Social (SECIS), em 2003, visando a implementação de programas de popularização da Ciência e da Tecnologia, acreditando que essas medidas ocasionariam uma diminuição nas desigualdades sociais. Desta forma, o cidadão tem por direito estar ciente dos resultados dos investimentos feitos nessa área, sendo importante que o pesquisador, ao trabalhar em centros de produções do conhecimento, se dedique a divulgar de forma não especializada para o público em geral — sabendo que compete ao cientista a escolha de produzir seus

trabalhos deste jeito ou não — explicitando, assim, a destinação e o uso das verbas direcionadas para a Ciência.

Com respeito ao direito à informação, algo que se mostra não satisfatório é o fato de que, se este é um direito do cidadão, deveria ao menos existir alguma revista científica que tenha acesso disponível ao público, sem mensalidades e assinaturas. A falta disso elitiza ainda mais o conhecimento e separa a Ciência do público geral. Em contraponto, a SECIS tomou iniciativas para fomentar a divulgação científica, entre elas está: apoiar centros e museus de ciências; colaborar para a melhoria do ensino de Ciências nas escolas; ampliar a visibilidade das Ciências na mídia; melhorar a qualidade das informações veiculadas pela mídia.

Apesar de um esforço visível para a popularização de museus e centros de ciências, tem-se que apenas uma pequena parcela da população brasileira visita essas instituições a cada ano (CARNEIRO, 2014) e uma característica marcante é a grande parte dos visitantes serem crianças e adolescentes levados pelas suas escolas em visitas organizadas por parte da instituição ou por iniciativa dos próprios professores. Isto remete à uma formalização deste tipo de educação científica considerada como sendo informal, dificultando o processo de adequação desta atividade na cultura brasileira como uma fonte de lazer. Na visão dos estudantes, a sua liberdade de exploração é limitada neste tipo de atividade, o que traz à tona uma discussão sobre a maneira como essas visitas deveriam ser ministradas, sem que ocorresse homogeneização dos grupos de aluno, repetindo o mesmo padrão aplicado nas escolas.

Além da divulgação científica realizada em museus e centros de ciências, o jornalismo científico é bastante importante para a veiculação de conhecimentos referentes a ciências e tecnologia para o público em geral. Por isso, a seguir são apontadas algumas de suas principais características.

Difusão Científica e o Jornalismo Científico

A expressão jornalismo científico é dada à veiculação, a partir dos meios de comunicação de massa, das informações científicas e tecnológicas. Frequentemente, este conceito é confundido com outros que são utilizados na mesma área e se referem ao mesmo objeto, conhecidos pelos termos de “difusão científica”, “disseminação científica” e “divulgação científica”. Este é um erro comum devido aos conceitos estarem bem

próximos, gerando algumas ambiguidades até mesmo pela utilização exagerada dessas expressões.

Os conceitos apresentam um certo nível de semelhança, conseqüentemente, existirá um vínculo entre eles, uma relação de complementaridade. Por exemplo, um conceito bastante amplo é o de difusão, que se refere a qualquer recurso que visa veicular informações científicas e tecnológicas (BUENO, 1985). Desta forma, entendemos que a divulgação científica é uma área mais restrita, que está incorporada à difusão, pois, entende-se que todo processo de simplificação de um texto para facilitar o entendimento do público leigo (divulgação científica), caracteriza veiculação de informação científica e tecnológica (difusão científica). Seguindo a mesma linha de raciocínio, quando se trata da disseminação, temos que a linguagem voltada exclusivamente para o público especializado também passa pelo mesmo processo referente à difusão. Assim, é possível separar dois níveis diferentes para a difusão, de acordo com o público destinado e a linguagem utilizada, ou seja, a difusão para especialistas e a difusão para o público geral. No que diz respeito ao segundo caso, a difusão refere-se exatamente à divulgação científica, contudo, já, o primeiro caso pode ser confundido com a disseminação da ciência.

A disseminação científica propõe uma transcrição em códigos especializados para a veiculação das informações, o que restringe o acesso à um público seletivo e especialista. Existem duas formas deste processo ser realizado, são elas a disseminação intrapares e extrapares (BUENO, 1985).

A abordagem intrapares é voltada para um domínio específico, ou seja, a circulação de informações é dada entre especialistas de uma área ou áreas conexas. Alguns exemplos são seminários de astrofísica, revista de geologia e de física. Então, esta é uma modalidade na qual não se ouve muito falar na imprensa, tampouco em meios de comunicação de massa por possuir um código fechado para o público determinado.

A disseminação extrapares também é feita para os especialistas, contudo, aqueles que não são da área de estudo do objeto. Desta forma, embora o código seja fechado, existe a possibilidade de traduzi-lo para públicos que possuem domínio em outras áreas de conhecimento. Por exemplo, uma revista de ciências sociais, numa visão geral, pode ser consumida por diferentes especialistas, não somente por economistas ou sociólogos. Também, existem casos em que pesquisadores de determinada área do conhecimento científico recebem informações especializadas de outro domínio. Como, por exemplo, cursos de energia alternativa voltado para químicos e físicos. Embora se tenha uma

adaptação do código para ocorrer este tipo de disseminação, ainda assim, não se trata de difusão para um público leigo, tendo em vista que o conteúdo, o ambiente e mesmo o próprio código restringem o acesso aos especialistas.

Ao se tratar de jornalismo científico é preciso ter em mente que tanto seu objetivo, como o da divulgação científica são semelhantes. Assim, em termos gerais, temos: a transferência àqueles não-iniciados de informações específicas de natureza científica e tecnológica (BUENO, 1985). José Reis, importante nome para o jornalismo científico brasileiro, faz uso desses termos como sinônimos e identifica, explicitamente, a divulgação científica, ao defini-la, com o jornalismo científico:

Por divulgação (científica) entende-se aqui o trabalho de comunicar ao público, em linguagem acessível, os fatos e princípios da ciência, dentro de uma filosofia que permita aproveitar os fatos jornalisticamente relevantes como motivação para explicar os princípios científicos, os métodos de ação dos cientistas e a evolução das ideias científicas (...) Cabe, porém, ao divulgador tornar interessante os fatos que ele mesmo vai respingando no noticiário (...) (REIS, 1964, p. 353).

Porém, diferentemente de como o próprio autor afirma que o jornalismo científico é sinônimo da divulgação científica, entendemos o jornalismo científico como uma espécie da divulgação (BUENO, 1985).

O conceito em estudo pode ser definido por meio da apropriação da definição de jornalismo como uma atividade social dependente das relações entre as organizações formais, ou seja, aquelas responsáveis pela publicação, e a coletividade, representada pelo público receptor. Isto deverá acontecer por meio dos canais de comunicação de massa, os quais terão a responsabilidade pela transmissão da informação científica e tecnológica de acordo com o interesse da época. Dessa forma, o cidadão tem acesso às novidades da ciência e, conseqüentemente, conhecimento das suas implicações políticas econômicas e socioculturais.

Existem seis funções que são consideradas básicas para o jornalismo científico, estas são: informativa, educativa, social, cultural, econômica e política ideológica. A primeira função remete ao conceito do jornalismo científico no que diz respeito a divulgar fatos e informações científicas e tecnológicas. Contudo, não se trata de apenas transferir conhecimentos, porém, de trabalhar em prol da coletividade, divulgando informações pertinentes à realidade do cidadão.

A função educativa do jornalismo científico, segundo Bueno (1985), leva em conta a realização de um processo de *feedback* — ainda que não se tenha a possibilidade

de contato direto entre o jornalista e os leitores/telespectadores — tal que atenda os interesses da população e, assim, no decorrer do processo, sejam instauradas atividades que visam conhecer as expectativas do cidadão.

A preocupação em ter a informação científica disposta em um contexto mais abrangente define a função social do jornalismo científico. Assim, os interesses da sociedade, associados aos objetivos da produção científica geram os debates sobre os temas de Ciência. Portanto, esta função faz a intermediação entre a Ciência, o cientista e a sociedade.

Divulgar informações científicas e tecnológicas não se limita, simplesmente, à transmissão de conhecimento. A Ciência e a tecnologia são capazes de representar maneiras de dominação cultural, tendo em vista que o jornalismo científico trabalha a favor da valorização da cultura nacional, posicionando-se contra ideologias que trazem impactos negativos como, por exemplo, o uso indiscriminado de agentes químicos na agricultura, manipulação genética, entre outros. Portanto, a função cultural mostra-se ter ido além da transmissão de fatos e resultados da Ciência, observando-os por meio de uma visão crítica e favorecendo sua difusão por diferentes ambientes culturais.

No que diz respeito à ganhos significativos para as empresas a partir de novas tecnologias, tem-se a relação entre o desenvolvimento da Ciência, e sua divulgação, e o setor produtivo, caracterizando, então, a função econômica do jornalismo científico. Desta forma, novas tecnologias, novos equipamentos e novos processos de produção são inseridos neste setor, de acordo com o interesse dos empresários.

Melo (1982) afirma que:

O jornalismo científico não é e não tem sido uma atividade voltada para a democratização do conhecimento, para a divulgação daqueles processos de produção do conhecimento novo, capaz de adquirir relevância social. Tal como tem sido concebido e praticado entre nós, o jornalismo científico converteu-se em instrumento de transferência tecnológica (...) e de manutenção do poder (...) (MELO, 1982, p. 20-21).

O entendimento de Melo (1982) se refere à prática que pouco tem estado presente no jornalismo científico, em países subdesenvolvidos, a função político-ideológica. Porém, é interessante percebermos que, na contemporaneidade, com a pandemia, o jornalismo científico tem assumido essa função, tendo repórteres que nunca cobriram áreas de Ciências e Tecnologia, por exemplo, responsáveis por pautas relacionadas à pandemia.

Contudo, se faz necessária sua presença, para que este processo não se torne apenas reprodutor de ideias, porém, funcione para contribuir em tomadas de decisão e principalmente, para que o jornalismo científico não seja instrumento de dominação, utilizado pelas empresas para que ocorra a aquisição de suas tecnologias. Este tipo de promoção atrapalha a iniciativa do jornalismo científico, impedindo que políticas nacionais de geração de conhecimento sejam criadas.

Anteriormente foi abordado o que é a divulgação científica, a qual se propõe a divulgar a Ciência a partir da veiculação do conhecimento científico para o público em geral, mas o que é a Ciência? E o que se entende por conhecimento científico? Nesse contexto, a partir do entendimento do que é o jornalismo científico e suas funções, faz-se necessário entender o que é ciência. Assim, a seguir traremos o que estamos entendendo por ciência e pelo conhecimento científico.

O conhecimento científico e a Ciência

Devido aos diversos avanços ocorridos e aos tantos fenômenos explicados pela Ciência, não se duvida do seu poder na nossa sociedade ocidental. Pode-se afirmar que seu encanto diminuiu, por esta não ser capaz de responder definitivamente problemas que são frequentes como, por exemplo, fome e doenças, porém, é difícil afirmar que seu poder se perdeu. Pelo contrário, as ideias científicas acabam sendo transformadas em ídolos, mitificadas pelo cientificismo. Este que afirma a superioridade da Ciência a considerando como absoluta e totalmente concreta.

Então, a mensagem da Ciência perde sua essência como uma obra de cultura. Ou seja, seu sucesso em um âmbito social torna-se um obstáculo para o conhecimento científico, visto que este procura a desconstrução do misticismo para conseguir superá-lo. Entretanto, ao mesmo tempo, está sendo puxado de volta para esse plano (LOPES, 1999).

Consequentemente, esta aparência científica é tomada por diferentes discursos que buscam se aproveitar do misticismo para obter sucesso social. Como resultado, apesar de todo um esforço evidente para invalidar o irracional — o misticismo — é possível enxergar uma busca pela sua aceitação a partir de uma suposta racionalidade científica. Algo que pode ser observado na fala de astrólogos e outros profissionais da “ciência oculta”, os quais utilizam de uma linguagem própria da Ciência para explicar forças e

energias cósmicas, afirmando que estes fatos estão a ponto de serem entendidos por meio da “ciência oficial” (LOPES, 1999).

Existem, também, alguns obstáculos que contribuem para que o conhecimento científico não seja compreendido pelo público leigo, assim como pontua Lopes (1999) em seu texto:

O senso comum ainda tende a interpretar o conhecimento científico como equivalente a todo conhecimento objetivo, verdadeiro em termos absolutos, não ideológico por excelência, sem influência da subjetividade e, fundamentalmente, **des-coberto** e provado a partir dos dados da experiência, adquiridos por observação e experimentação (LOPES, 1999, p. 106).

Este empirismo exacerbado, fundamentado por obter suas verdades das verdades inquestionáveis dos fatos, como afirma Lopes (1999), remete a uma constituição da Ciência na qual suas características se constroem por meio de discursos vagos e equivocados, tais quais são apoiadas em uma inusitada racionalidade irrefutável. Isso significa que, geralmente, não se tem o convencimento da cientificidade de um discurso por meio da lógica ou do raciocínio nele envolvidos (LOPES, 1999). Esta é uma realidade existente em diversos campos do conhecimento humano, na qual um discurso cientificizado é utilizado para poder ganhar confiança, fazendo comparações com outros discursos legítimos e julgados pela sociedade como válido.

Com todo este quadro, a Ciência acaba ganhando um poder inequívoco utilizado pelo *marketing* para gerar mais confiança em seus produtos e para difundir suas ideias. Por exemplo, alguns comerciais de produtos corporais que afirmam ter suas fórmulas eficazes cientificamente comprovadas, justificando a sua compra prioritariamente em relação a outros concorrentes. Na maioria das vezes, são falados nomes científicos para reforçarem essa qualidade, de modo que as pessoas são levadas a aceitar mesmo que não exista uma verdadeira compreensão da linguagem utilizada. Como efeito, quanto menor for o conhecimento científico de quem recebe a mensagem, maior será a mitificação que esse discurso atingirá (LOPES, 1999).

O crescente aprimoramento da Ciência implica diretamente na ampliação da sua complexidade, logo, será cada vez mais difícil de ser compreendida por aqueles que não tem domínio do conhecimento científico. Por consequência, as pessoas acabam se encontrando em um impasse, na qual, não sabem se admiram o avanço alcançado ou se sintam diminuídas por não serem capazes de compreenderem totalmente. Desse modo, por não existir um entendimento sobre o assunto, seja qual for a explicação encontrada,

contendo nela um rótulo de científica, será aceita, para que seja dado um fim a este impasse (LOPES, 1999).

É neste ponto que se encontra a importância de ter o conhecimento científico difundido, seja pela necessidade de maior atuação política e social em assuntos relacionados à Ciência, seja pela discussão de suas contradições, as quais existem em grande parte devido aos avanços científicos. Assim, tornando-se possível formar a capacidade de questionar os seus métodos, mas também, para desconstruir os processos de opressão que se baseiam em ter o conhecimento como algo que é restrito. Isto não significa que devemos ser capazes de entender completamente os avanços da ciência. Porém, implica em entendermos que a ciência é capaz de mudanças e autoquestionamentos, de forma que a pessoa consiga avaliar o alcance verdadeiro de um avanço científico anunciado (LOPES, 1999).

Por fim, após tratar sobre o conhecimento científico, suas definições e seus obstáculos, é necessário considerar o entendimento daquilo que gera sentido a este termo, que é a Ciência. Isto posto, entendemos a Ciência como um meio de enxergar a realidade e os fenômenos nela existentes. Fato que é significado ao saber que esta, como uma visão da realidade, encontra-se em forma de conceitos, os quais são constituídos abstratamente em busca de retratar o real, tal como Granger (1994), segundo Lopes (1999) o apresenta como um dos traços característicos do que por ele é denominada de visão científica.

Essa representação abstrata sugere que o ser humano, enquanto um ser que pensa e questiona sobre os mistérios não resolvidos, busca de alguma forma simbolizar o mundo para entendê-lo. O que implica na utilização de meios palpáveis, neste caso, a conceituação a partir de modelos teóricos. Portanto, a Ciência — em um ideal no qual a visão do mundo se encaixa dentro de um pluralismo metodológico — trata de modelar fenômenos e acontecimentos, sejam eles novos e totalmente incógnitos ou conhecidos e estudados, por meio do conhecimento. Deste modo, alguns comportamentos percebidos, que sejam regulares e frequentes, possibilitam a ascensão de leis estabelecendo uma relação entre o desconhecido e o palpável. Consequentemente, a modelagem dará luz a diferentes e, às vezes, mais sofisticadas, teorias que terão aceitação pela Ciência.

No entanto, não significa dizer que teorias já estabelecidas serão totalmente substituídas pelas que buscam uma nova visão de mundo, ambas poderão coexistir. Por exemplo, a mecânica clássica não se tornou obsoleta em detrimento da mecânica quântica. Os modelos atômicos não são descartados conforme novos estudos são realizados.

Outro traço citado por Granger (1994, apud LOPES, 1999) é a utilização de objetos para descrever e explicar o mundo, portanto, não para que se tenha um conjunto de regras a serem seguidas, como se fosse um jogo do conhecimento. Desta forma, também, se preocupando com critérios para validar os fatos científicos — o que se encaixa como terceiro traço citado por Granger (1994) — tais quais dependem de serem interpretados dentro de uma teoria. Ou seja, uma verificação teórica se faz necessária para que estes fatos tenham seu lugar exato em uma teoria racional.

Neste ponto que se mostra importante a realização de congressos e eventos científicos, a partir de então, as teorias serão apresentadas à comunidade científica — exercendo o papel de analisá-las — cabendo a esta sua aceitação como teoria científica. Isto demonstra, também, que essa validação não se trata apenas de uma experimentação. Consequentemente, apenas ter a junção destes fatos, segundo Bachelard (1985 apud LOPES, 1999), não implica na constituição de uma ciência, portanto, desconsiderando como uma filosofia válida o empirismo, o qual afirma que o raciocínio e o conhecimento sobre o mundo são desenvolvidos por meio da observação e da prática, se opondo a ideia de que o conhecimento é inato do ser humano.

A Ciência como representação do real, como Granger² citou, não será um reflexo perfeito, tendo em vista que, ainda assim, existirão imperícias ou inexatidões que estão além da ação humana. Neste ponto é preciso considerar que o conhecimento científico se constrói por meio da reparação das imperícias ou erros. Estes, segundo Canguilhem (1994), segundo Lopes (1999), tratados pelos filósofos como um acontecimento lastimável, algo que deve ser evitado.

Porém, para Bachelard (1972), citado por Lopes (1999), considerando que seu objetivo não é validar o que pode se chamar por ciência pronta, é necessário que erros ocorram, por estes assumirem uma função positiva no crescimento da Ciência. Significa dizer que não existe uma verdade apenas — como algo definitivo — mas múltiplas, referentes à esfera de veracidade e que terão sentido após terem sido restauradas de seus erros. Por exemplo, ao se tratar da dualidade da partícula, o elétron pode ser considerado tanto com onda como sendo partícula, dependendo do fenômeno que está sendo estudado, logo, são duas formas diferente que geram essa mudança de valor de conhecimento. Assim, a química teórica fez um conhecimento verídico a partir de um fato verdadeiro (CANGUILHEM, 1994 apud LOPES, 1999).

Nos capítulos anteriores foram utilizados repetidamente termos como: conhecimento científico e tecnológico e divulgação, difusão e/ou disseminação da

Ciência e tecnologia. Até então temos definido o que é a Ciência, contudo, será possível separá-la de tecnologia? Então, a seguir será tratado sobre o que entendemos desta relação.

Ciência e Tecnologia

Ao longo da história o conceito de tecnologia foi estudado de várias maneiras, apresentando diferentes conotações e interpretações. Deste modo, muitas teorias eram destoantes, dificultando o processo de definir exatamente o que é a tecnologia. Um acontecimento comum em diferentes períodos históricos, foi a tentativa de utilizar o conceito de técnica e sua história para entender a tecnologia, porém, entre as duas, existe uma sutil divisão, por mais estreita que pareça ser essa relação (VERASZTO et al, 2009).

Desde o início, os humanos faziam uso de objetos, os quais eram encontrados por eles na natureza, como uma extensão do corpo, ou seja, instrumentos. A partir disto é possível observar que desde então existia potencial tecnológico. A tecnologia evolui, na maioria das vezes, de acordo com os anseios e necessidades da sociedade, portanto, demorou um tempo até que as primeiras tomassem a iniciativa de se valer dos objetos encontrados (VERASZTO et al, 2009).

Evidências apontam que o *Homo erectus* foi pioneiro em ter a pedra talhada, dando início à uma busca por transformar os objetos a seu favor. Essa capacidade de transformar alinhada com o pensamento fez com que relações consideradas fundamentais fossem estabelecidas. Conseqüentemente, novas técnicas que permitiram a modificação do meio em que viviam surgiram, começando também, um processo de modificação no grupo social em que aquelas técnicas estavam sendo usadas, tendo em vista que todos os outros teriam sua capacidade intelectual despertadas. Por mais que ainda não se modificasse a natureza, construindo produtos novos, aqueles grupos foram capazes de trazer novos significados para os objetos, ocasionando uma alteração concreta nas relações sociais que seriam estabelecidas desde aquele momento (VERASZTO et al, 2009).

Então, a manifestação do intelecto humano e a produção de novos instrumentos trouxeram consigo o surgimento da técnica. Segundo a Antropologia, o ser humano não seria capaz de existir sem os instrumentos, não importa quão simples e rudimentares eles sejam. Para Veraszto (2004), segundo Veraszto et al (2009), esses dois são como complemento um do outro, de maneira que a humanidade como conhecemos se acabaria ao se desvincular da utilização de seus instrumentos.

As técnicas são desenvolvidas a partir da invenção de novos mecanismos feitos pelos indivíduos. Assim, o que faz o ser humano ser diferente do animal é a capacidade de entender que não somente o seu corpo será instrumento, mas diversas extensões para os seus membros são criadas a fim de se obter maior eficiência.

Os primeiros artefatos fabricados, como aqueles de pedras lascadas, podem ser chamados de instrumentos tecnológicos, uma vez que estes indicam o cumprimento de um propósito em comum da comunidade, que era sobreviver por meio da caça e defesa de seu território contra os animais. Para alguns investigadores, a utilização de ferramentas é um dos fatores mais motivadores para o aparecimento dos primeiros ancestrais primitivos. No entanto, segundo Veraszto et al (2009) não é somente isto que acontece:

Contudo esta premissa é incompleta, porque não é somente o uso de ferramentas, senão todo o processo de desenvolvimento, abrangendo a invenção, a concepção e a produção das mesmas, que consiste no verdadeiro feito. As estratégias e outras formas de organização desenvolvidas por nossos ancestrais pré-históricos reafirmam o potencial tecnológico humano. (VERASZTO et al, 2009, p. 24).

Portanto, entendemos que a concepção de armas e utensílios da pedra lascadas não foram os únicos fatos que marcaram o surgimento das técnicas de antepassados remotos.

Com isto, vemos que a tecnologia existiu muito antes dos conhecimentos científicos, e antes de haver o processo de transformação e controle da natureza controlados pelos humanos apoiados em suas teorias. Desta forma, diversas vezes, estruturas e instrumentos complexos foram criados pela tecnologia sem o auxílio da ciência. O êxito era obtido pelo conhecimento de certos materiais e técnicas, tendo a experiência como fonte da sua aprendizagem, assim, eles saberiam quais resultados seriam aceitáveis e quais não (VERASZTO et al, 2009).

Reconhecer quão importante é a tecnologia na conjuntura atual é algo relativamente fácil. Simplesmente olhar a nossa volta nos fará pensar nisso. Existe uma diversidade de formas nas quais a tecnologia tem sido interpretada no mundo, como resultado, isto gera confusão no que diz respeito de seu conceito. Para Veraszto et al (2009) a tecnologia dispõe-se à construção de obras e a fabricação de produtos, porém, requer um entendimento do motivo e da maneira com a qual seus objetivos são alcançados.

Algumas concepções distintas da tecnologia fogem das teorias bem articuladas sobre sua natureza, sendo imagens populares que estão enraizadas no público, ainda assim, são encontradas com certa regularidade em divulgações científicas. Dentre essas concepções tem-se: concepção intelectualista, concepção utilitarista, tecnologia como um sinônimo de Ciência, concepção instrumentalista, concepção da universalidade da tecnologia (VERASZTO et al, 2009).

A concepção intelectualista entende a tecnologia como derivada diretamente da Ciência e do conhecimento teórico, ou seja, ela seria um conhecimento prático. Nesta perspectiva, a Ciência pura não possui nenhuma relação com a tecnologia, apesar de as teorias em alguns casos serem aplicadas para obtê-la (VERASZTO et al, 2009). Assim, todas as tecnologias teriam uma teoria para se embasar, no entanto, existiria a possibilidade de se ter teorias sem tecnologia. Esta concepção diz respeito à associação da tecnologia em detrimento da Ciência, de maneira que, erroneamente, a tecnologia é entendida apenas como aplicação do conhecimento científico para fins práticos.

Para a concepção utilitarista, a tecnologia tem o mesmo significado que técnica, de modo que somente sua utilização e finalidades terão importância, desconsiderando todo processo compreendido na elaboração da tecnologia. Estes dois termos têm origens similares, contudo, não significa dizer que apresentam conceitos semelhantes. Essa separação sutil entre os dois conceitos gera confusão devido à maneira como são entendidos pelo senso comum. As habilidades e competências desenvolvidas pelos indivíduos em busca de melhorar sua maneira de viver são denominadas de técnicas. Por outro lado, a tecnologia diz respeito a união da prática com a lógica, decorrente da necessidade de se entender os questionamentos não respondidos pela parte puramente prática (VERASZTO et al, 2009).

A concepção da tecnologia como um sinônimo da Ciência em seu próprio nome deixa claro que entende a tecnologia como tendo as mesmas concepções e lógicas da Ciência Natural. Apesar de serem dois termos distintos e frequentemente utilizados juntos, segundo Veraszto et al (2009) essa ainda é uma concepção comum. É importante tratarmos sobre a concepção de universalidade da tecnologia, a qual, influenciada pelo caráter universal das leis científicas, faz a tecnologia ser entendida, também, como universal, desconsiderando qualquer que seja o contexto inserido na sua elaboração. Conseqüentemente, a ideia que se tem é que uma tecnologia não terá seu uso e valor alterado em nada ao ser utilizado em diferentes culturas e contextos sociais, econômicos e políticos.

Por fim, entendemos que o conhecimento tecnológico é amplo, logo, não é simples de ser categorizado. A tecnologia é mais do que apenas o manuseio de artefatos e instrumentos modernos e aplicações de conceitos e teorias científicas (VERASZTO et al, 2009). Como se sabe, a atividade humana é modeladora dessa forma de conhecimento, fazendo utilização de elementos específicos e escolhendo as formas que serão tomadas, de maneira que, o uso da tecnologia determine o seu caráter. Para a tecnologia, a utilização de produtos, objetos ou artefatos que são confeccionados não é o suficiente para defini-la. É preciso que se conheça o motivo pelo qual a produção ocorre, ou seja, saber fazer e para que fazer (VERASZTO et al, 2009). Isto também envolve considerar todo o aspecto social e cultural no contexto inserido.

Sobre as confusões entre os conceitos de Ciência e Tecnologia temos que os métodos de investigação são semelhantes, contudo, a tecnologia não tem a limitação de pegar ideias para poder responder às necessidades humanas. Existe uma relação entre as duas de colaboração mútua, na qual, a ciência utiliza de elementos da tecnologia e vice-versa. Contudo, Gilbert (1995), citado por Veraszto et al (2009), resumidamente diferenciou os dois conceitos, pontuando a forma com que cada uma trabalha.

Portanto, tem-se a tecnologia como determinação e descrição da necessidade, formulando ideias e selecionando-as para a fabricação do produto, ou seja, ela possui um objeto particular. Diferentemente, a Ciência procura entender o fenômeno natural descrevendo o problema para, então, formular hipóteses, assim, a partir dessas, algumas são selecionadas e experimentadas em busca de explicar o natural, ou seja, este conhecimento não é particular, mas, geral. Diante dessas ideias, podemos enxergar a tecnologia como um conhecimento que busca desenvolver instrumentos — sejam eles produtos, objetos ou sistemas e processos — os quais tem por objetivo suprir as necessidades pessoais e coletivas de uma sociedade.

Tendo pontuado o conceito de Ciência e sua relação existente com a tecnologia, também, a definição de divulgação científica, a seguir trataremos sobre as propriedades de um TDC. Tendo em vista que o presente trabalho visa a análise de textos de divulgação científica e o seu uso como um material de apoio ambiente escolar. Neste contexto, o próximo tópico servirá como base guiando as análises dos textos.

As características de um texto de divulgação científica

Ao ter o olhar direcionado para o ensino, as discussões sobre o papel e as funções da divulgação científica apontam para o uso de materiais de divulgação na educação formal. A utilização destes recursos nestes ambientes traz novos sentidos para o ensino de Ciências, colocando os estudantes em contato com outras linguagens e discursos, incentivando-os à leitura e a se tornarem leitores críticos.

Portanto, buscando contribuir nessa discussão, Ribeiro e Kawamura (2005) enumeram alguns elementos que são característicos desses diferentes “tipos” de materiais. A partir disso, as autoras construíram um instrumento para análises de textos de divulgação científica (TDCs), visando investigar o seu potencial educacional.

Embora a divulgação científica possua o objetivo de levar a Ciência e tecnologia ao público, ao ser pensado no âmbito educacional como um instrumento e com uma função didática, é necessário que as contribuições desses diferentes tipos de materiais que são veiculados sejam ponderadas. Isso porque o ensino de Ciências precisa preparar o estudante para enxergar a realidade com uma visão crítica. Assim, com a preocupação em ter o foco não apenas no estudo de ferramentas que serão úteis em vestibulares para ingressar no Ensino Superior.

Para tal, é preciso estimular os alunos a acompanharem as notícias sobre a Ciência e orientá-los a ter o hábito de ler para conseguirem interpretar assuntos científicos. De modo que entendam as implicações dos produtos e processos tanto em contextos econômicos, quanto sociais e políticos. É deste jeito que os TDCs têm a possibilidade de admitirem um papel de destaque no ensino.

A análise de textos no âmbito da divulgação científica, de acordo com a natureza de seus materiais e suas diferentes dimensões, no traz diversas abordagens para diferentes públicos, a partir da utilização de vários tipos de materiais como jornais, revistas, livros paradidáticos entre outros. Porém, uma análise desse nível requer um caráter mais específico, no qual cada material e suas relações com a mídia de origem terão o enfoque necessário (RIBEIRO & KAWAMURA, 2005).

A partir desta premissa, Ribeiro e Kawamura (2005), categorizaram, por meio de uma metodologia de análise, os TDCs, visando sondar abordagens distintas e ênfases que acreditavam que deveriam permear o ensino de Ciências. Assim, o quadro de categorias foi planejado dentro de duas perspectivas gerais: conteúdo e forma.

Em que, o conteúdo se trata da temática, da dinâmica interna da Ciência, do funcionamento da Ciência como instituição social, contextualização das notícias e as abordagens (RIBEIRO & KAWAMURA, 2005).

A forma diz respeito a estrutura do texto, sua linguagem e os gêneros discursivos utilizados — por exemplo explicação, exposição, argumentação, descrição e narração — o uso de recursos visuais e textuais, também, o uso de analogias e metáforas (RIBEIRO & KAWAMURA, 2005).

Então, dentre as categorias apresentadas por Ribeiro e Kawamura (2005) para conteúdo temos:

A temática, na qual o foco principal é olhar para as questões atuais, as quais estão no centro da preocupação da Ciência. Assim, tem-se a análise dos enfoques que serão dados ao tema do texto e dos conhecimentos implícitos que são necessários para este determinado tema no TDC.

Os procedimentos internos da Ciência, em que é observado a explicitação de procedimentos, como a maneira que os dados são obtidos e qual implicação isto teria nos resultados, a adequação de modelos e sua elaboração.

O funcionamento institucional da Ciência, na qual o foco são as relações entre os processos da Ciência e seus produtos, assim, observando como os TDCs explicitam as controvérsias científicas, a necessidade de se debater publicamente as descobertas e aplicações tecnológicas e a diversidade de ideias.

Por fim, as abordagens e contexto, categoria que se preocupa com a contextualização social, política e econômica de um fato noticiado. Porquanto os textos possuem uma temática interdisciplinar, direcionando o olhar para diferentes domínios, para impactos sociais em razão do desenvolvimento tecnológico e para as consequências políticas e econômicas dos resultados das pesquisas.

Com respeito à estrutura do texto, Ribeiro e Kawamura (2005) apresentaram para forma as categorias:

Estrutura, em que as particularidades e propriedades distintas dos textos — que pode mudar de acordo com o veículo — caracterizam essa categoria. Assim, alguns questionamentos são feitos com a intenção de guiar o olhar na análise das estruturas desses materiais. Questões, por exemplo, como: Como que são construídos esses diferentes textos e de que maneira as ênfases dadas ao conteúdo podem ser consideradas semelhantes ou diferentes de acordo com o veículo no qual o texto é publicado? (RIBEIRO & KAWAMURA, 2005).

A linguagem é uma categoria que observa os usos de termos e conceitos científicos e suas explicações, tanto como a clareza na qual estes são escritos. A utilização de analogias e metáforas também são analisadas, apontando como estas facilitam ou dificultam ao leitor compreender o texto.

Os recursos visuais e textuais representam a última categoria. Nesta é analisada a distribuição espacial na qual as informações estão submetidas, considerando que seu objetivo é manter a atenção do leitor no texto. Para ter esta distribuição alguns recursos visuais e textuais são utilizados, por exemplo, ilustrações e fotografias (visuais), pequenos textos no texto principal, boxes — espaço delimitado que geralmente possui um texto explicativo sobre o assunto — e notas de margens (textuais).

Dentro do critério linguagem encontra-se a utilização de analogias, porém, estas precisam de uma atenção maior em suas análises. Entendemos que a utilização de analogias, algumas vezes, pode gerar concepções alternativas, por isso é necessário observar se a analogia utilizada no texto está sendo construtiva ou não. Então estas serão consideradas como um critério adicional para fazer as análises dos TDCs

Analogias

As analogias estão presentes na maioria das situações do nosso cotidiano, ou seja, quando estamos conversando e tentando passar alguma ideia para alguém. Assim como, quando estamos no processo de aprendizagem de algo diferente, ou seja, elas não se resumem à sala de aula. Portanto, para Mól (1999), as analogias são uma forma de um cientista ou um cidadão compreenderem e descreverem particularidades do seu mundo, permitindo uma transposição dos aspectos observáveis do conhecimento a aspectos não observáveis.

Geralmente, seu uso pelos professores se dá como uma forma de facilitar o entendimento do conteúdo pelos estudantes. Contudo, é necessário ter cuidado ao fazer uma analogia. Ao mesmo tempo que algum conceito pode ser explicado com maior facilidade, também pode ser aberta uma janela para concepções alternativas.

Este é um conceito amplo e que se relaciona estreitamente com outros, por exemplo, o conceito de metáforas e exemplo. A diferença entre os dois encontra-se na forma do uso da comparação. As metáforas não se preocupam com uma explicação das relações existentes entre os conceitos, realçando qualidades não coincidentes entre os domínios. Enquanto a analogia consiste na comparação entre o conceito desconhecido

que se busca ensinar e aquele que podemos chamar de referência, o qual dará apoio por ser comum a quem está aprendendo, apontando partes que coincidem em suas estruturas.

Em outras palavras, a analogia compara aspectos similares de dois conceitos diferentes, de acordo com Duit (1991), citado por Mól (1999). O uso delas é bem frequente devido ao fato de serem capazes de trazer à tona figuras que estão na nossa mente e que ajudam no momento de aprender algo novo a partir do que é familiar (MÓL, 1999).

Existem algumas vantagens de se utilizar analogias no ensino, como, por exemplo, facilitar e possibilitar a compreensão e a visualização de conceitos abstratos que podem motivar o estudante.

O conceito de exemplo aparece muitas vezes ligado com o de analogia, tendo em vista que ambos apresentam aspectos de um conceito em estudo. No entanto, o exemplo é um fato, uma situação, não uma comparação entre as similaridades de dois conceitos. Assim, podemos ter o vinagre como um exemplo do cotidiano de uma solução ácida estudada em sala de aula, descartando a possibilidade de ser uma analogia ao conceito de ácido. Isso porque, as analogias, segundo a definição de Venville et al (1994), citado por Mól (1999), podem ser consideradas como um mapeamento entre as similaridades de dois conceitos, ou seja, elas precisam explicitar a existência do compartilhamento das propriedades destes. Deste modo, é necessário selecionar situações que sejam familiares ao estudante para que as analogias consigam explicar de fato um alvo desconhecido.

Segundo a maioria dos autores, existem duas denominações que serão mais utilizadas para os conceitos envolvidos em uma analogia. Sendo então, uma delas, o conceito alvo ou somente alvo, o qual se deseja ensinar. Este pode ser, por exemplo, em uma disciplina de Química, o conceito de modelos atômicos, os quais são comumente ensinados por meio da utilização das analogias. A outra denominação é conceito domínio ou somente domínio. Este é aquele em que é esperado que o estudante tenha um conhecimento sobre, servindo como ponte para o entendimento e para que o conceito alvo faça mais sentido.

Existem algumas etapas pressupostas por Clement (1993), segundo Mól (1999), para a analogia ser percebida em uma situação de ensino. Assim, o estudante deve conseguir entender claramente qual é o domínio, para que possa ser feita a análise da relação analógica e determinado com certeza que esta é plausível. Por fim, os atributos do domínio serão aplicados no alvo.

Para Mól (1999) existem algumas limitações na relação analógica, assim, uma proposta de etapa adicional é colocada: a determinação de tais limitações. Desta forma, gerando uma discussão com os alunos sobre quais seriam as características do domínio que não poderiam se aplicar ao alvo para não ocorrer equívocos (MÓL, 1999).

As falhas nos usos de analogias no ensino acontecem geralmente devido à uma disparidade muito grande entre o conhecimento do aluno sobre o domínio e o esperado para que eles aprendam sobre o alvo. Muitas vezes, em uma situação de ensino, o professor não percebe a dificuldade do aluno em entender o que lhe está sendo ensinado, devido este não possuir a base necessária para a compreensão do conceito. Essas relações uma vez óbvias ao professor não seguem as mesmas condições para o aluno. Portanto, a utilização das analogias em sala de aula nem sempre irá assegurar uma aprendizagem significativa. Pelo contrário, a falta de clareza possibilita e ocasiona a criação de concepções equivocadas sobre o assunto, porquanto serão compartilhadas particularidades inválidas com o conceito alvo.

Esta preocupação em não ter a formação dessas concepções equivocadas é vista em vários estudos sobre analogia. Portanto, em busca de evitá-las o professor precisa deixar claro para o aluno quais atributos do domínio se relacionam com o alvo. Ainda assim, apesar de existirem muitas críticas à utilização deste recurso, em alguns casos pode ser necessário para expressar de maneira informal a Ciência. Contudo, ainda devem ser tomados os devidos cuidados para a analogia servir seu propósito sem reforçar falsas associações.

O uso inadequado das analogias pode causar barreiras na aprendizagem dos conceitos científicos, as quais são geradas por concepções equivocadas. Estas barreiras são formalmente conhecidas por obstáculos epistemológicos, os quais são justamente as dificuldades de formular e desenvolver os conceitos científicos.

De acordo com Mól (1999), estes obstáculos são gerados pela incompatibilidade do conhecimento cotidiano e do conhecimento científico apresentado. Assim, toda a bagagem carregada pelo estudante ao longo de sua vida o influencia quanto a maneira de enxergar o mundo. Logo, não ocorre um processo imediato de reestruturação da visão do aluno apenas pela sapiência da informação científica.

Desta forma, entendemos a complexidade dos obstáculos epistemológicos e a necessidade da atenção voltada a este assunto, porque, apesar de associarmos os obstáculos como “barreiras”, simplesmente superá-las não ocasionará uma compreensão total do conceito científico.

Partindo da fundamentação teórica aqui apresentada, serão tratados a seguir, no próximo capítulo, sobre os métodos de análise dos textos contidos no livro de divulgação científica escolhido, bem como os critérios a serem considerados e os motivos das escolhas dos textos.

CAPÍTULO 2

Metodologia

No presente trabalho foram analisados cinco textos do livro “50 ideias de química que você precisa conhecer” apresentados no Anexo 1 (BIRCH, 2018). A autora aponta no início do livro que busca focar em ensinar as coisas interessantes e relevantes da química, invés de apenas ensinar regras e receitas de reações. Logo entende-se deste como um livro de divulgação científica pela a autora se desafiar a passar por cima de uma imagem da química como uma perda de tempo e algo não relevante, trazendo uma abordagem não convencional e deixando os termos técnicos e as regras, como ela afirma, para se ler e verificar em outro lugar, ou seja, abordando os temas com uma linguagem simplificada.

Os critérios de análise foram propostos por Ribeiro e Kawamura (2005), referentes ao conteúdo e a forma. O primeiro critério se trata da dinâmica interna da Ciência e do seu funcionamento como instituição social. O segundo critério é relacionado à linguagem do texto e ao gênero utilizado para escrevê-los.

As categorias apresentadas para conteúdo são: temática, procedimentos internos da Ciência, funcionamento institucional da Ciência e abordagens e contextos. Os procedimentos internos se tratam da elaboração e da adequação dos modelos e, neste ponto, é visto como os procedimentos são explicitados nos diversos textos. O funcionamento institucional da Ciência retrata a necessidade de ocorrer o debate público sobre descobertas e aplicações tecnológicas. A temática mantém o foco principal em olhar para as questões atuais. E a abordagem e contexto verificam a forma como o conteúdo é contextualizado, analisando as relações entre os domínios do conhecimento.

As categorias apresentadas para forma são: estrutura, linguagens e recursos visuais e textuais. Em que a estrutura analisa as formas que os textos variam de acordo com o veículo e como estes são construídos. A linguagem se preocupa com a clareza e com a maneira em que o autor do texto de divulgação utiliza termos e conceitos científicos. E por último a categoria recursos visuais e textuais analisa a forma com que as informações estão distribuídas no texto e se foi feito ou não o uso de ilustrações, fotografias, boxes e notas de margens, uma vez que estes recursos têm o objetivo de atrair a atenção do leitor.

Adicionalmente, outros critérios foram utilizados, a saber: o uso de analogias, os aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade e a sugestão ou descrição

de experimentos. Também foi considerado o contexto histórico. Isto porque é necessário que se tenha o entendimento de que a Ciência não é pronta e acabada, mas está sempre evoluindo em processos de transformações.

É importante ter a experimentação como um critério devido esta fazer parte dos métodos da Ciência, permitindo proporcionar aos estudantes uma visão aproximada do trabalho científico. Deste modo, os aspectos teoria e prática devem ser relacionados de maneira interligadas. Atentando para que os experimentos não sejam ministrados aleatoriamente sem vínculo com o conteúdo, porquanto, isto pode se transformar em um real obstáculo ao conhecimento científico (GIL PEREZ et al, 1999). A inclusão de aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade como critério de análise é de fato relevante, considerando que esta abordagem busca contribuir para a formação de cidadãos críticos e participativos na política que envolve a Ciência e suas controvérsias.

Do livro escolhido como objeto de análise foram tirados cinco textos, nos quais os critérios para suas escolhas se referem a sua relevância para o ensino de Química e aos temas que se encontram no centro da preocupação da Ciência. Também foram considerados aqueles em que o tema é suscetível a causar confusões no entendimento dos conteúdos envolvidos. Ao final do trabalho, os capítulos analisados foram disponibilizados no Anexo 1.

CAPÍTULO 3

Resultado e discussão

Os textos escolhidos para análise foram os capítulos um, dois, três, quarenta e quarenta e quatro do livro “50 ideias de química que você precisa conhecer”, disponíveis no Anexo 1 (BIRCH, 2018). Nesses capítulos os assuntos tratados são, respectivamente: átomos, elementos, isótopos, plásticos e drogas. As análises foram feitas com base nos critérios apontados por Ribeiro e Kawamura (2005) e os critérios adicionais, todos descritos na metodologia. Assim, são apresentados os resultados a seguir:

Análise Capítulo 1 – Átomos

1. Análise de conteúdo

1.1. Temática:

A temática tratada no primeiro capítulo do livro “50 ideias de química que você precisa conhecer”, a priori, pode parecer simples, mas não é bem assim. Falar sobre átomos requer uma certa capacidade de abstração, tendo em vista que são coisas que não podemos ver a olho nu e nem tocar, sendo assim, está diretamente relacionado com nossa imaginação. Como este texto encontra-se em um livro sobre conceitos químicos, o tema átomos é um bom início, considerando que esse conceito está associado a todos os assuntos que serão tratados no decorrer da obra. O texto tem como principal foco contextualizar e explicar o átomo e explicitar qual é sua importância para a Ciência, trazendo até mesmo novidades a partir de estudos mais atuais.

1.2. Procedimentos internos da Ciência:

Embora o texto explique os átomos, o que é feito de uma maneira confusa e com analogias que podem levar a entendimentos errôneos dos conceitos apresentados, não fica muito explícito os procedimentos internos da Ciência. Ou seja, os processos que se sucederam e como foi possível elaborar algum modelo atômico que está sendo descrito no TDC. Um pouco da informação disponibilizada consiste na citação de um modelo ou outro pontuando algumas características deles e a representação a partir de uma linha do tempo na qual estão enumerados marcos da história de acordo com a data de seus acontecimentos, sem mais detalhes. Por exemplo, “1911 – Ernest Rutherford descreve o núcleo atômico” (p. 7). Esta informação está simplesmente deixada no rodapé da página. Desta forma, o leitor não faz ideia de qual a relação que Rutherford tem com o tema –

também por não possuir nenhuma representação de seu modelo no TDC – e nem como foi o processo que o levou a descrever o núcleo atômico. Para ter acesso a essas informações, é necessário que o leitor por si mesmo busque esta informação em outros lugares.

Contudo, no box presente na p. 8, cujo título é Divisão do Átomo, o qual tem-se uma representação do modelo atômico de Thomson, é tratado sobre a descoberta do bóson de Higgs, em 2012, por físicos. Neste trecho é falado que “físicos despedaçam os átomos em aceleradores de partículas para encontrá-las” (p. 8). Ou seja, o texto trouxe brevemente o processo científico utilizado para alcançar o produto que, nesse caso, foi o bóson de Higgs.

Porém, não fomentou discussões posteriores sobre as aplicações tecnológicas que podem ocorrer ou mesmo as controvérsias envolvidas no processo, isto é, não relacionou o produto obtido com o processo. Ao se tratar de um acelerador de partículas, poderiam ser geradas algumas discussões sobre a segurança envolvida nesse processo, quais são os riscos, mesmo que pequenos, e até que ponto pode causar problemas. Isto se encaixaria na explicitação do funcionamento institucional da Ciência.

1.3. Funcionamento institucional da Ciência:

Ao falar sobre o modelo atômico de Thomson, a autora o retrata como um modelo dito ultrapassado que, para ela, “mudou: agora sabemos que os prótons e outras partículas subatômicas, chamadas nêutrons, formam o centro do átomo, minúsculo, denso e que os elétrons formam uma nuvem em torno deles” (p. 8).

Assim, a autora não retrata os procedimentos que tornaram possíveis essas mudanças e, também, deixa entender que o modelo proposto por Thomson foi descontinuado. Contudo, isto não acontece. Existem teorias que ainda fazem uso do modelo atômico de Dalton –mais simples – para explicar os fenômenos. Portanto, a evolução dos modelos não significa dizer que o “antigo” foi deixado de lado ou descontinuado. Significa dizer que existem teorias que necessitam de mais detalhes para serem trabalhadas e, para tal, faz-se o uso de modelos mais recentes, não obstante, os modelos “antigos” continuam sendo utilizados para o estudo de fenômenos que necessitam deles.

1.4 Abordagens e contextos:

Quanto às abordagens e contextos, o texto traz, nos últimos parágrafos, algumas discussões sobre alguns progressos científicos, como por exemplo, a produção de drogas que visam destruir células cancerosas.

Este assunto pode gerar discussões tanto em um âmbito político, como social e econômico. Além desse exemplo, também tem a construção de uma animação quadro a quadro, apresentando um garoto e uma bola, ambos feitos a partir de átomos de cobre. Vários outros exemplos foram citados demonstrando que o átomo está ligado a tudo que podemos ou não ver.

2. Análise de Forma:

2.1. Estrutura:

No que diz respeito a estrutura, a construção do texto é feita para uma publicação em livro, de modo que este capítulo em específico não apresenta ênfases em aspectos voltados para sua utilização em sala de aula, mas em explicar o assunto contextualizando o tema e explicitando a sua importância na química

2.2 Linguagem:

A linguagem do texto não é muito técnica e, de acordo com as características de um TDC, essa realmente necessita ser não esotérica. Assim, busca facilitar o entendimento do conteúdo e abrir para a possibilidades de pessoas que não se encontram no meio científico terem acesso as informações da Ciência. Porém, o texto apresenta algumas analogias que que podem criar confusões no entendimento do assunto. O uso dessas analogias pode dar a entender que está facilitando a linguagem e a compreensão, no entanto, conforme discutiremos a seguir, poderão gerar obstáculos epistemológicos, os quais são justamente as dificuldades de formular e desenvolver os conceitos científicos (MÓL, 1999). Essas barreiras na aprendizagem dos conceitos científicos podem ser geradas pelo uso inadequado de analogias que trazem concepções equivocadas.

2.3. Recursos visuais:

A distribuição espacial do texto apresenta alguns recursos visuais, como uma linha do tempo na parte inferior da página. Esse recurso encontra-se em todos os textos do livro. Além disto, foram utilizados boxes para apresentar algumas curiosidades, como o fato de que, em 1803, Dalton deu uma palestra falando sobre sua teoria de modelo

atômico. Em outro box, é falado sobre o modelo de Thomson e neste também contém uma ilustração do modelo – a única imagem presente no texto.

3. Critérios adicionais:

3.1 Sugestão ou descrição de experimentos:

No que diz respeito a categoria “descrição e sugestão de experimentos” o texto não se enquadra, devido ao fato de não propor nenhum tipo de experimento. Existem experimentos que podem ajudar a entender o processo de elaboração de modelos atômicos pelos pesquisadores, por meio de um método análogo. Contudo, o texto não foca essa ideia. Por exemplo, o experimento da caixa preta em que, utilizando-se de uma caixa fechada contendo alguns objetos dentro, sejam eles quais forem, é possível fazer uma dinâmica na qual o estudante ou o leitor deveria descrever o conteúdo da caixa. Isto deve acontecer sem que ocorra o rompimento e a fissura da caixa. A ideia principal é que o leitor ou o estudante, realizando este experimento, entenda a forma como foi possível um cientista obter os resultados para um modelo atômico, ou seja, testando as possibilidades e descrevendo conforme era percebido ao manipular a caixa. Assim, a atividade de descrever o objeto faz com que sejam levantadas hipóteses do que tem dentro da caixa sem ver de fato o conteúdo.

Foram nestas condições que Dalton, Thomson, Rutherford e os outros trabalharam suas teorias sem conseguirem ver o átomo em si e com observações dos acontecimentos mediante o processo realizado para a obtenção de dados.

3.2 Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade:

Também não foram apresentados no texto aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade, embora este realmente seja um tema não tão fácil de trabalhar neste contexto. Mas há alguns pontos que podem ser aproveitados pelo professor para criar uma discussão com mais informações fornecidas. Como por exemplo, ao se tratar de nanotecnologia e a manipulação de átomos e moléculas individualmente, o professor pode utilizar deste ponto para iniciar uma discussão nos âmbitos políticos e econômicos, desde que forneça mais informações sobre o assunto para fomentar o debate em sala

3.3 Contexto Histórico:

Um pouco do contexto histórico que é abordado se trata do avanço tecnológico atingido, como por exemplo, a possibilidade de ver o átomo por meio de microscópios, citando que nem sempre os químicos precisaram ver o átomo para estudá-lo. No box “Teoria atômica e reações químicas” (p. 7) é retratado sobre uma palestra de Dalton, em 1803, na qual ele propunha sua teoria da matéria baseada em partículas indestrutíveis, os átomos. Em outro box “Divisão do Átomo” (p.8), a autora aborda o contexto histórico por meio da evolução dos conceitos relacionados aos átomos, apresentando as partículas subatômicas e explicitando um novo modelo mais recente. Porém, a linha do tempo traz alguns acontecimentos cronológicos que poderiam ser tratados também no texto. Por exemplo, a descrição do núcleo atômico por Rutherford e, também, a respeito da época dos filósofos em que Demócrito se referiu a partículas indivisíveis semelhantes ao átomo.

3.4 Analogias:

No que diz respeito a analogias, existem algumas etapas pressupostas por Clemente (1993) para que esta seja de fato utilizada em uma situação de ensino. Neste caso, por se tratar de um livro, a leitura do TDC pode ser considerada como uma aprendizagem, visto que o objetivo do texto é levar a Ciência aos leigos. Desta forma, o ensino ocorre mesmo que o leitor não esteja em um contexto escolar. Estas etapas envolvem ter o conceito domínio claramente entendido para conseguir criar a relação analógica com o conceito alvo. Conceito domínio é aquele que é esperado que o estudante tenha algum conhecimento sobre, enquanto conceito alvo é aquele que está sendo ensinado.

Como foi falado anteriormente, o texto traz analogias problemáticas, isto porque, por exemplo, começa considerando coisas que não tem aspectos que se relacionem ao conceito alvo. Como quando o texto descreve o átomo como um pêssego, algo maciço, que pode ser segurado na sua mão e, logo em seguida, retrata o caroço do pêssego sendo a representação do núcleo atômico contendo os prótons e os nêutrons, e relacionando a polpa suculenta da fruta como sendo a camada de elétrons.

Essas três representações trazem ideias contrárias do que é um átomo, considerando que, pelos modelos estudados, o átomo não é uma esfera maciça, os prótons e os nêutrons formam o núcleo e, não obstante, não formam uma casca que os protegem do restante da estrutura, tampouco estão dispostos exatamente em formatos circulares no centro do átomo. Em um átomo existem repulsões entre os elétrons e a atração entre esses

e o núcleo e ambos não estarão estáveis em uma posição estática. Por fim, considerar os elétrons como sendo uma polpa também não é ideal. Cada átomo possui uma quantidade de elétrons diferente, e a representação dos elétrons como algo líquido pode levar o leitor ou estudante a pensar que o átomo está envolto de algum tipo de camada líquida, por exemplo, pode surgir o entendimento de que o átomo é envolto de plasma, o qual estará cheio de elétrons.

Mais adiante, neste mesmo trecho, a autora escreve “[...] se seu pêssego fosse realmente como um átomo, a maior parte dele seria polpa e o caroço seria tão pequeno que você poderia engoli-lo sem perceber[...]” (p. 6, linha 3; p. 7, linha 1), isto se contradiz quando se trata de átomos de hidrogênio por exemplo, em sua representação, possui número atômico igual a um, portanto, um elétron. Logo, esta afirmação de que a “polpa” seria a maioria se torna incorreta.

Embora a autora tenha assumido que essa não é uma boa referência quando diz “você já pode ter percebido que um átomo não compartilha tantas similaridades com um pêssego” (p. 7), ainda decide ir mais adiante e continuar com a analogia. Desta vez, utilizando uma ameixa para representar um átomo de carbono, enquanto o pêssego é o oxigênio. Neste momento, se torna confuso ao leitor, porque, qual foi o parâmetro utilizado para escolher uma ameixa? E por que o pêssego representa o oxigênio? Essas são perguntas que certamente surgiriam em um contexto de sala de aula. E, de fato, o estudante precisar entender o que liga um conceito ao outro, e neste caso isto não é possível.

Utilizando dessa mesma referência, a autora diz que “[...]um átomo, seja lá qual for seu **sabor**[...]” (p. 7, linha 30) o que pode gerar concepções alternativas, considerando que os átomos não são os responsáveis pelo sabor, mas sim as moléculas que contém muitos átomos. Logo, ao ler isto, alguém pode relacionar um átomo ser responsável pelos diferentes sabores que sentimos ao comermos diferentes alimentos, porém, de fato, isto não acontece.

Por fim, a ideia condensada do capítulo é: “Tijolos de construção”. Remetendo aos átomos como os “tijolos da vida” que constroem todos os tipos de “ingredientes” para formar tudo que conhecemos. Contudo, tratar os átomos como tijolos pode trazer confusões levando a pensar que os átomos são blocos que ficam juntos que não se separam. Também, dando a ideia de que o átomo é maciço, sendo que não é. Os átomos possuem espaço entre a eletrosfera e o núcleo. Esta analogia também pode trazer a ideia

de que os átomos tenham mesmo tamanho e não difiram entre si. Em uma construção, não se utiliza tijolos de diferentes tamanhos para fazer uma parede, mas tijolos iguais.

De acordo com os apontamentos feito sobre o texto, considero que este não está adequado para uso em sala de aula. O texto apresenta alguns aspectos positivos, como sua linguagem mais simples, alguns boxes que chamam atenção, a temática que é importante de ser trabalhada em sala de aula. Porém, por conta de suas analogias, o texto pode acabar gerando mais obstáculos epistemológicos do que ajudar na compreensão do conteúdo. Também não foi descrito nenhum experimento, o que seria interessante para o estudante ou o leitor terem uma visão mais aproximada de como é o trabalho científico. O texto não explora discussões sobre as descobertas que foram citadas, isto no âmbito econômico, político e até mesmo social, como por exemplo, a ocorrência de doenças em cientistas que trabalham em aceleradores de partículas fazendo os estudos das partículas apresentadas no box “Divisão do átomo” (p. 8). Ou seja, o texto não mostra a importância da Ciência em um cenário político, isto é, como as coisas tomam rumo de acordo com o interesse daqueles que estão na posse do poder.

Contudo, com uma devida adaptação, um professor poderia fazer um recorte de algumas partes do texto para trabalhar o assunto em aula, utilizando-o como um material de apoio. Por exemplo, o box “Divisão do átomo” (p. 8) pode ser adaptado sem a utilização das analogias do pudim de passas e sem trazer a ideia de que um modelo faz com que o outro seja descontinuado. Desta forma, o texto pode ser utilizado como parte de alguma atividade feita pelo professor.

Para uma analogia ser útil e poder de fato ajudar no entendimento do assunto, o conceito domínio utilizado precisa ser algo que o estudante realmente conheça para que faça sentido. Ou seja, a analogia do pudim de passas se torna inadequada, primeiramente, devido os alunos não conhecerem de fato um pudim de passas, uma sobremesa inglesa servida tradicionalmente no Natal. Também, não é encontrada similaridade entre o modelo de Thomson e o domínio utilizado das passas quanto a organização e a dinâmica dos elétrons no átomo. Isto porque os elétrons não são distribuídos aleatoriamente e fixos no átomo como passas no pudim, pelo contrário, estão dispostos em anéis e em constante movimento.

Para se ter uma visão geral das características do texto de divulgação científica Elementos, a partir das categorias adaptadas de Ribeiro e Kawamura (2005), é apresentada a Tabela 1, a seguir. Tendo em vista a abordagem das categoriais, foi

atribuído o valor 1 se o critério observado se encontra presente, 0,5 para parcialmente presente e 0 para ausente.

Para as analogias, apenas estar presente não pode ser o único fator relevante para que o texto seja visto de forma positiva. As analogias necessitam de uma análise mais profunda, considerando que podem gerar obstáculos epistemológicos. Portanto, no que se refere às analogias, como podem ser boas, medianas ou ruins, atribui-se também os valores 1, 0,5 e 0, respectivamente, de acordo com sua qualidade.

Tabela 1: Classificação quanto aos critérios utilizados para análise do TDC Átomos

Capítulo 1–Átomos		Valor atribuído
Conteúdo	Temática	1
	Procedimentos internos da Ciência	0,5
	Funcionamento Institucional da Ciência	0,5
	Abordagens e Contexto	1
Forma	Estrutura	1
	Linguagem	1
	Recursos Visuais	1
Crítérios Adicionais	Contexto Histórico	1
	Sugestão ou descrição de experimentos	0
	Analogias	0
	Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade	0
Total	- -	7

Análise Capítulo 2 – Elementos

1. Análise de conteúdo

1.1 Temática:

A temática deste texto tem um potencial de gerar algumas confusões, tendo em vista os enganos mais comuns cometidos ao falar sobre os elementos químicos. Um texto tratando deste assunto poderia ser utilizado em sala de aula para ajudar os estudantes compreenderem sobre a diferença entre elementos, átomos e substâncias. O foco deste capítulo é relacionar os elementos — contextualizando — com a tabela periódica, trazendo uma breve e equivocada explicação do que é um elemento e um pouco do contexto histórico.

1.2 Procedimentos internos da Ciência:

Sobre os procedimentos da Ciência, o texto apresenta um breve relato de um alquimista que encontrou a substância fósforo — ainda não conhecida — a partir de experiências que visavam a síntese da Pedra Filosofal. Contudo, o resultado encontrado foi um composto que brilhava no escuro. Mostrando isto, o texto explicitou a forma como um alquimista encontrou uma substância, que teria os átomos de seu constituinte representados como elementos apenas cem anos depois. De certa forma, é interessante esse contexto histórico, até mesmo porque costumamos nos perguntar de onde as coisas surgiram.

No entanto, a autora poderia mostrar como foi a tomada de dados para as outras substâncias que ela afirma estarem “sendo descobertos aos montes” (p.10) mais tarde. Assim, seria colocado em evidência um contraste entre essas duas épocas, uma em que existia a busca pela Pedra Filosofal, buscada pelos alquimistas que acreditavam que ela continha “poderes” e transmutava metais em ouro, e outro momento em que a Ciência passou por um processo de evolução tendo novas visões da natureza, no qual várias outras substâncias estavam sendo encontrados. A partir dessas referências, poderia ser gerado uma discussão sobre a importância da metodologia científica em sala de aula, tendo em vista uma possível utilização do texto como material didático.

1.3 Funcionamento institucional da Ciência/ Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade:

No que diz respeito ao funcionamento institucional da Ciência, o texto aborda alguns processos que têm potencial para serem levados para alguma atividade em aula

visando um debate sobre as descobertas e as controvérsias científicas. Por exemplo, quando a autora diz “[...] O plutônio foi descoberto em um reator nuclear, e outros superpesados são gerados pela colisão de átomos em aceleradores de partículas” (p.13). Este é um ponto em que podem ser discutidas as controvérsias, sabendo que existem alguns riscos ao trabalhar nesta área, como por exemplo, a ocorrência de acidentes nucleares, levando em consideração mudanças climáticas que podem acontecer que afetam a operação das instalações nucleares por meio de falhas nos sistemas de segurança. Também, outros fatores como o armazenamento de combustível usado nessas instalações. Existem protocolos de segurança para evitar o pior, contudo, existem alguns riscos em continuar essa busca, apesar de poderem ser controlados, em algum momento podem existir falhas. Entretanto, este é um processo que foi necessário para serem alcançados alguns avanços. Contudo, o texto não traz esta ideia, finalizando dizendo somente que a “[...] caça ainda não terminou, mas certamente se tornou muito mais complicada do que ferver fluidos corporais” (p.13). Essas palavras podem gerar uma ideia de que esse processo, apesar de mais complicado, pareça sem impactos diretos, tanto ambientais como sociais.

1.4 Abordagens e contextos:

Em um box com o título “A caça pelo mais pesado superpesado” (p.13) a autora aborda um cenário político e econômico sobre o tema, deixando neste espaço um acontecido em 1999, em que cientistas publicaram um artigo sobre a descoberta de dois novos elementos. Contudo, isto afetou a política do país porque os dados tinham sido inventados, levando o governo a uma situação complicada e embaraçosa e, também, economicamente ruim, pois o financiamento dado às pesquisas não teve o retorno desejável. Um tempo depois, outra nação acabou se tornando responsável por encontrar de fato estes elementos, desta vez de maneira correta.

Portanto, no que diz respeito a abordagens e contexto, este capítulo trouxe essa notícia que trata claramente de consequências políticas e econômicas advindas dos resultados das pesquisas, mostrando os impactos que a Ciência pode causar não somente no âmbito de desenvolvimento tecnológico, mas também, em diferentes domínios.

2. Análise de Forma:

2.1. Estrutura:

Quanto à estrutura do texto, ele apresenta o mesmo formato padrão do livro, com uma linha do tempo apontando momentos históricos importantes para a Ciência e com uma linguagem acessível e menos técnica. Novamente, como é feito para uma publicação em livro que não tem finalidade didática, o texto não apresenta muitos aspectos de um texto para uso em sala de aula.

2.2. Linguagem:

A linguagem utilizada está de acordo com as necessidades de um TDC, ou seja, está adaptada, possibilitando ao público leigo a leitura do texto. No entanto, a autora faz o uso de algumas analogias e definições equivocadas. Uma definição muito comum e encontrada no livro é “[...] Elementos são substâncias [...]” (p. 11). Essa definição é equivocada porque ambos, elementos e substâncias, têm significados diferentes. Segundo Rocha-Filho *et al.* (1988, p. 417), “Definir uma substância simplesmente pelos átomos nela existentes significaria adotar o pressuposto de que as características essenciais de uma substância resultam do somatório das características dos átomos que a compõe”.

Desta forma, os autores trazem o conceito de constituinte, afirmando que o termo substância não teria sua definição apenas como uma porção da matéria contendo átomo, visto que, em níveis de organização da matéria, esta é formada por substâncias, que por sua vez são formadas por constituintes e estes formados por átomos. Logo, o conceito de substâncias se refere à uma porção de matéria formada apenas por um tipo de constituinte, o qual é a menor entidade que conserva sua identidade, ou seja, não apenas sua caracterização. Átomos compõe as substâncias, não obstante, não são responsáveis por lhe dar sua identidade, tornando-os apenas uma característica.

No texto, Rocha-Filho *et al.* (1998, p 418), utilizam um exemplo para explicar que átomos não podem ser a identidade das substâncias. A partir das substâncias oxigênio (O_2) e ozônio (O_3), seríamos levados à conclusão de que essas duas são, na verdade, apenas uma, pois ambas são feitas de átomos de oxigênio. Entretanto, sabemos que as duas substâncias não são iguais, diferem em suas propriedades e apresentam diferentes aplicações e impactos nos seres vivos. Então, admite-se o oxigênio e o ozônio como duas substâncias cujos constituintes (O_2 e O_3) são entidades diferentes compostas por quantidades diferentes de átomos (dois e três átomos de oxigênio, respectivamente).

Logo, essas entidades que representam cada conjunto são os constituintes das substâncias que as conferem identidade.

Portanto, o conceito de substância deixa de ser pontuado como uma porção de matéria que contém átomos, sendo reconhecido como uma porção de matéria que possui apenas um tipo de constituinte — conjunto de átomos que caracterizam e dão identidade à uma substância em específico (ROCHA-FILHO *et al.*, 1998).

No texto do capítulo 2 do livro analisado, a autora apresenta uma situação semelhante, a do fósforo. A autora afirma “[...] nem todos os pedaços de fósforo são iguais, porque seus átomos podem estar arranjados de modos diferentes, mudando a estrutura interna e também a aparência externa” (p. 11). Logo depois, a autora aponta diferentes tipos de substâncias formadas por átomos do elemento fósforo, evidenciando que suas propriedades mudam completamente. Estas afirmações estão de acordo com o conceito de Rocha-Filho *et al.* (1988).

Como foi dito, considerar elementos como substâncias ou átomos é um equívoco. Isto porque elementos são representações dos diferentes tipos de átomos existentes. Por exemplo, os átomos de hidrogênio podem ser encontrados como deutério, trítio e prótio. Todos esses estão representados pelo elemento hidrogênio e seus isótopos.

2.3. Recursos visuais:

A autora faz uso de vários recursos visuais em todo o livro, colocando sempre boxes com textos a parte, contextualizando o conteúdo com contextos históricos, curiosidades e, outras vezes, colocando explicações acerca do assunto. O texto também faz uso de citações chamativas em notas de margem. Seguindo sempre o mesmo padrão, em todos os textos há uma introdução breve e cativante sobre o tema em destaque.

3. Critérios adicionais:

3.1. Contexto Histórico:

Logo no início do texto é abordado um contexto histórico referente ao período da alquimia em que a Química ainda não existia como tal. Trazer esses pontos é importante para que se entenda a evolução da Química como Ciência trazendo a ruptura com a alquimia. Antes, os alquimistas buscavam uma pedra que possuía um poder e transformava metais em ouro. Com o passar do tempo, ocorreram transformações socioculturais que levaram ao desenvolvimento da chamada ciência moderna e da Química, tal como conhecemos hoje. Ocorrendo a partir da adaptação e aprimoramento

— de novos conhecimentos e inovações — por parte daqueles que foram responsáveis pela formalização da Química como nós conhecemos.

3.2 Sugestão ou descrição de experimentos/Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade:

O texto possui uma característica de publicação em livros que não tem finalidade didática, logo, a sugestão de experimentos não se faz muito presente. Este capítulo trouxe de diferente um assunto que poderia ser abordado em uma perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade, o qual seria a busca por novas substâncias, por trazer consigo uma discussão em diferentes domínios. Como pôde ser observado no texto, a busca por renome ao se encontrar algo novo pode levar o cientista ao extremo. Considerando este tópico, pode ser gerada uma discussão sobre o quão prejudicial essa busca pode ser para a vida daquela pessoa e, até mesmo, pontuando os benefícios — político, social e economicamente — que teriam no êxito da pesquisa e pode fomentar debates sobre a ética no desenvolvimento da ciência.

3.3 Analogias:

Este segundo texto não apresenta tantas analogias como o primeiro. Ainda assim, a autora faz o uso de algumas que não são interessantes e podem gerar confusões. Na primeira delas, a Birch (2018) afirma “[...] a Tabela Periódica tem a aparência de um jogo de Tetris ligeiramente não ortodoxo, no qual [...] alguns blocos não caíram ao fundo. Parece que precisa de uma boa arrumação” (p. 11). Usar o jogo Tetris como um conceito domínio não é interessante porque o jogo é literalmente uma bagunça, às vezes você erra e o bloco não cai onde deveria, fica mais acima ou fica um buraco no meio. Enfim, a tabela periódica não é uma completa desorganização. Pelo contrário. A tabela é organizada por ordem crescente de números atômicos e possui colunas com átomos que apresentam propriedades semelhantes entre si. Ou seja, ao tratar a tabela como um jogo desordenado, pode gerar no leitor/estudante a ideia de que a tabela periódica foi aleatoriamente preenchida por alguém que não sabia o que estava fazendo. Isto não acontece.

Essa ideia é apresentada pela própria autora na seguinte afirmação: “[...] qualquer químico consegue rapidamente encontrar o que está procurando [...]” (p. 11). Isso implica em uma organização, porque mesmo que sejamos químicos e façamos uso da tabela por um bom tempo, não tem como ficar confortável com uma ferramenta de

trabalho sem lógica e desorganizada. A razão pela qual alguns conseguem gravar algumas características de determinados elementos é justamente por eles estarem organizados em um grupo que apresenta propriedades semelhantes.

Em outra parte do texto é feita a analogia entre a carga dos átomos e o peso de lutadores de boxe. A autora relaciona os dois com o fato de ambos possuírem os “superpesados” e os “pesos-moscas” que segundo ela “flutuam no topo da Tabela Periódica” (p. 12). Porém, ao se tratar do átomo como “superpesado” significa dizer que a sua quantidade de prótons é maior do que noventa e oito, ou seja, não relaciona com a massa de um átomo. No boxe este termo é utilizado como referência a massa corporal do lutador, ou seja, fazer uso deste conceito como domínio é equivocado e pode gerar confusões, sendo que a química tem seus “superpesados” com base no número atômico. Por exemplo, o átomo do elemento platina (Pt), possui número atômico 78 e massa atômica 195,084, mas não é considerado um superpesado. O que pode acontecer é de o leitor entender que a massa do elemento dê esta classificação, considerando que ele tem em seu domínio o conceito de massa.

Por fim, o texto possui uma boa explicação sobre algumas propriedades da tabela periódica, sem que a linguagem seja difícil e cansativa, trazendo também boas contextualizações que podem mediar possíveis discussões. Então, algumas partes podem ser recortadas do texto para sua utilização como material de apoio em aula. Em outros pontos, seria necessário o professor adaptar, como na parte da definição de elementos. A ideia condensada¹ deste capítulo é “As substâncias mais simples” (p. 13), o que remete ao título “Elementos” e, novamente, está equivocado, conforme explicado anteriormente.

Para se ter uma visão geral das características do texto de divulgação científica Elementos, a partir das categorias adaptadas de Ribeiro e Kawamura (2005), é apresentada a Tabela 2, a seguir. Tendo em vista a abordagem das categoriais, foi atribuído o valor 1 se o critério observado se encontra presente, 0,5 para parcialmente presente e 0 para ausente.

Para as analogias, apenas estar presente não pode ser o único fator relevante para que o texto seja visto de forma positiva. As analogias necessitam de uma análise mais profunda, considerando que podem gerar obstáculos epistemológicos. Portanto, no que se refere às analogias, como podem ser boas, medianas ou ruins, atribui-se também os valores 1, 0,5 e 0, respectivamente, de acordo com sua qualidade.

¹ Um tópico criado pela autora que consiste em uma frase ou expressão que resume a ideia geral tratada no capítulo e que está presente em todos os capítulos do texto.

Tabela 2: Classificação quanto aos critérios utilizados para análise do TDC Elementos

Capítulo 2 – Elementos		Valor atribuído
Conteúdo	Temática	1
	Procedimentos internos da Ciência	0,5
	Funcionamento Institucional da Ciência	1
	Abordagens e Contexto	1
Forma	Estrutura	1
	Linguagem	0,5
	Recursos Visuais	1
Crítérios Adicionais	Contexto Histórico	1
	Sugestão ou descrição de experimentos	0
	Analogias	0
	Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade	1
Total	--	8

Análise Capítulo 3 – Isótopos

1. Análise de conteúdo

1.1. Temática:

A temática deste texto traz a possibilidade de serem discutidos assuntos um pouco mais atuais da Química, como foi feito no momento em que a autora relacionou o tema elementos com a radioatividade. Tendo em vista que o texto explica o que são os isótopos e mostra qual o uso deles, os enfoques dados foram possibilitando algumas contextualizações que cativam a atenção do leitor.

1.2. Procedimentos internos da Ciência:

Em um box separado “Os nêutrons perdidos” (p. 15), a autora explicita como foram os procedimentos para que os cientistas chegassem na conclusão de que existia mais do que apenas prótons no núcleo do átomo de um elemento. O texto explica que os cientistas, ao perceberem a diferença na massa atômica de alguns átomos, se questionaram a respeito do que estava acontecendo. Assim para apoiar sua hipótese, Chadwick realizou um experimento, descrito no texto de “[...] bombardear o metal prateado berílio com radiação do polônio, ele conseguia emitir partículas subatômicas de carga neutra – os nêutrons” (p. 15). Desta forma, foi possível compreender a diferença na massa atômica que era notada em átomos de alguns elementos. A autora também fez uso de uma imagem que demonstra o esquema utilizado por Chadwick para realizar este experimento, o que auxilia na compreensão da adequação do modelo.

1.3. Funcionamento institucional da Ciência:

Neste mesmo box em que é explicado o processo realizado por Chadwick (“Os nêutrons perdidos”, p. 15) é citado “[...] pelo físico James Chadwick — que continuou trabalhando na bomba atômica [...]”. Este trecho explicita uma aplicação tecnológica destes produtos encontrados. Pensando em um ambiente de sala de aula, o professor poderia utilizar este tópico para fomentar uma discussão relacionando os processos e os produtos da Ciência, ressaltando as controvérsias. Este é um tema que deixa isto bem claro, tendo em vista que esta inovação teve impacto negativo direto no cenário mundial. No entanto, pensando por outro lado, o estudo da radioatividade também trouxe à tona novas oportunidades de estudo e aplicações, como, no exemplo que o próprio texto utiliza, a datação por meio do carbono-14. Processo que faz uso do conhecimento do tempo de meia-vida do átomo para calcular a idade de artefatos e animais mortos.

1.4. Abordagens e contextos:

O texto traz contextualizações que expõe os impactos sociais e as consequências políticas em razão do desenvolvimento tecnológico. Em um trecho, a autora mostra a consequência do contato com isótopos nocivos em que dois homens “[...] foram mortos com um isótopo do polônio mais estável, que decai ao longo de dias em vez de segundos, embora de modo fatal” (p. 16). Apesar de não abordar se foi algo intencional ou se foi por manuseio errado, o fato mostra a importância do assunto em um cenário político, uma vez que é citado quem eram esses homens no texto: um ex-espião russo e, possivelmente o líder palestino (p. 16). Também, em uma nota de margem (p. 17), a autora traz uma contextualização utilizando o prêmio Nobel de 1960, o qual foi concedido à Willard Libby pela datação por carbono-14.

2. Análise de Forma:

2.1 Estrutura:

A estrutura deste capítulo não difere muito das outras seguindo o mesmo padrão do livro. Ainda que a publicação não seja voltada para fins didáticos, este capítulo pode ser utilizado como um material de apoio em sala de aula.

As ênfases dadas neste capítulo são para a explicação do que é um isótopo, trazendo exemplos que podem ajudar a conhecer o uso dos isótopos nos estudos de radioatividade.

Linguagem/Analogias:

A linguagem do texto é bastante acessível para um público leigo, fazendo o uso de termos científicos e explicando com clareza. Diferentemente dos capítulos anteriores, este faz bem menos usos de analogias. Ainda assim, a autora trouxe a mesma analogia utilizada no capítulo passado quando trata dos átomos “superpesados”, fazendo o uso do nome “peso-mosca” para um átomo de hidrogênio. Contudo, isto já se mostrou equivocado devido esta analogia utilizar como domínio o boxe, um esporte no qual os atletas são categorizados segundo sua massa. Cabe ressaltar mais uma vez que os átomos não são chamados de “superpesados” em razão da sua massa atômica, mas, por seu número atômico.

2.2 Recursos visuais e textuais:

O texto traz recursos visuais como em todos os demais capítulos, com uma boa distribuição espacial das informações. Fazendo uso de uma linha do tempo e alguns boxes com textos que trazem, por exemplo: curiosidades, procedimentos de como foram obtidos alguns resultados, explicações sobre o assunto tema. Ao final do livro (p. 206, 207), o texto apresenta também uma tabela periódica, assim, caso o leitor tenha alguma curiosidade sobre a representação dos tipos de átomos e as substâncias tratadas neste capítulo e nos anteriores, pode obter algumas informações ali disponibilizadas.

3. Critérios adicionais:

3.1 Sugestão ou descrição de experimentos:

Este é o primeiro capítulo a apresentar uma sugestão ou descrição de experimento. A autora propõe um experimento que não precisa ser realizado em laboratório, mas pode ser feito em casa. Isso seria interessante tanto para o professor realizar em sala de aula, como para leitores que terão a curiosidade de fazer o processo explicitado. Contudo, para realizar o experimento, se faz necessário adquirir água deuterada, que por sua vez não possui um preço acessível devido à dificuldade que se tem para sua obtenção. Logo acaba se tornando sem sentido comprá-la somente para realizar este experimento em específico.

O experimento consiste em congelar água, cujos constituintes são formados por dois átomos de deutério — isótopo do hidrogênio — e um átomo de oxigênio (D_2O), colocando o cubo em um copo de água, cujos constituintes são formados por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H_2O). O resultado esperado é que este cubo de água formada por moléculas de D_2O afunde. Adicionalmente, a autora propõe repetir o mesmo procedimento com um cubo de gelo formado por moléculas com átomos de hidrogênio e oxigênio, a título de comparação. Este é um experimento simples, mas não muito acessível, cuja explicação está relacionada a diferença de massa entre a substância água que tem seus constituintes formados com átomos de deutério e com átomos de hidrogênio devido a diferença que o nêutron a mais no núcleo atômico causa.

3.2 Contexto Histórico:

O capítulo, assim como os outros, também aponta alguns acontecimentos históricos importantes para o tema abordado. Observando a linha do tempo é possível compreender que existe uma evolução gradativa. Assim, não precisamente este processo

ocorre de maneira rápida. Esta é a ideia que se faz necessária para o leitor entender que a Ciência está sempre se transformando. Além da linha do tempo, neste capítulo, a autora discorre um pouco mais sobre a pesquisa realizada por James Chadwick e destaca o prêmio Nobel na área para enfatizar sua importância.

3.3 Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade:

O texto aborda um assunto bem suscetível à uma abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), a radioatividade. A autora não trata o tema com esta perspectiva. Uma possível abordagem do assunto poderia ser desenvolvida a partir da discussão do acidente do Césio-137 em Goiânia. Mas, trazendo mais para o cotidiano, abre possibilidade para falar sobre aparelhos de raio-X, fornos de micro-ondas, a datação — citada pela autora — geração de energia elétrica e entre outros.

Assim, utilizando a contextualização dos conceitos estudados em sala de aula, o professor contribui para uma aprendizagem mais efetiva. Estes tipos de situações podem ser trabalhados como debates em aula, nos quais os estudantes teriam que formar uma opinião crítica sobre o assunto para serem capazes de tomar uma decisão de como agir em meio às controvérsias apresentadas.

Por fim, esse capítulo se destaca dos outros por apresentar o conteúdo de uma forma menos confusa, sem muitas analogias que podem causar obstáculos epistemológicos. Além de trazer uma sugestão de experimento simples e também a descrição do experimento realizado para investigar a hipótese de uma nova partícula subatômica. Para uso em sala de aula, este texto pode servir muito bem como um material de apoio, com uma adaptação da analogia “peso-mosca” utilizada pela autora para se relacionar ao átomo do elemento hidrogênio. O texto também pode ser usado em um plano de ensino com ênfase CTS como introdução do assunto, explicando e contextualizando os isótopos para depois partir para a radioatividade.

A ideia condensada do capítulo é “A diferença que um nêutron faz”, o que realmente resume esta temática, levando em consideração o que distingue os isótopos, que são, de fato, os nêutrons. E, no texto, a autora evidencia os impactos causados por essas distinções.

Para se ter uma visão geral das características do texto de divulgação científica Elementos, a partir das categorias adaptadas de Ribeiro e Kawamura (2005), é apresentada a Tabela 3, a seguir. Tendo em vista a abordagem das categoriais, foi

atribuído o valor 1 se o critério observado se encontra presente, 0,5 para parcialmente presente e 0 para ausente.

Para as analogias, apenas estar presente não pode ser o único fator relevante para que o texto seja visto de forma positiva. As analogias necessitam de uma análise mais profunda, considerando que podem gerar obstáculos epistemológicos. Portanto, no que se refere às analogias, como podem ser boas, medianas ou ruins, atribui-se também os valores 1, 0,5 e 0, respectivamente, de acordo com sua qualidade.

Tabela 3: Classificação quanto aos critérios utilizados para análise do TDC Isótopos

Capítulo 3 - Isótopos		Valor atribuído
Conteúdo	Temática	1
	Procedimentos internos da Ciência	1
	Funcionamento Institucional da Ciência	1
	Abordagens e Contexto	1
Forma	Estrutura	1
	Linguagem	1
	Recursos Visuais	1
Critérios Adicionais	Contexto Histórico	1
	Sugestão ou descrição de experimentos	1
	Analogias	0
	Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade	0
Total	- -	9

Análise Capítulo 40 – Plásticos

1. Análise de conteúdo

1.1 Temática:

Este capítulo aborda uma temática com questões atuais, mostrando impactos que os plásticos podem causar ao meio ambiente em contraponto com o fato dele ser extremamente útil no cotidiano. A autora traz para o texto um foco em implicações ambientais, além da explicação do que é o plástico e de onde surgiu.

Apesar de sua relevância, o capítulo pode acabar sendo de compreensão mais difícil devido a presença de alguns conhecimentos implícitos. Como por exemplo, quando a autora diz “A maioria dos sacos de polietileno é feito de polietileno de baixa densidade (LDPE), produzido em alta pressão como no processo ICI” (p. 163). Apesar de ter explicado como o processo na *Imperial Chemical Industrie* (ICI) ocorre (p. 163), o leitor ainda teria que conhecer o que é um polímero para conseguir entender o que seria chamado de polímero de etileno. Também seria necessária a compreensão da nomenclatura “eteno/etileno” e o que isto significa.

Além disso, o texto cita LDPE e HDPE, como mostrado no trecho acima, no entanto, não deixa muito a claro a diferença de se ter um plástico de baixa ou de alta densidade. Apenas cita que os polietilenos de alta densidade (HDPE) formam um material mais rígido e contém moléculas ramificadas, o que novamente é uma explicação que necessita de um conhecimento prévio para entender. Nisto, pode surgir uma dúvida de o que seria um polietileno de baixa ou alta densidade e o que são moléculas ramificadas. Dúvida que não foi respondida no capítulo em questão.

1.2 Procedimentos internos da Ciência:

No tópico “A Era do Plástico” (p. 162), a autora apresenta algumas diferentes formas de se chegar no resultado do plástico em que ela cita “[...] o mais onipresente produto da idade do plástico [...]” (p. 162), que seria o saco de polietileno. No segundo parágrafo do tópico, o texto explica como que é obtido o polietileno, a partir do processo na ICI, utilizando alta pressão e gás etileno. A autora também cita outro processo que resulta em um material mais rígido por meio de baixa pressão e utilizando polietileno de alta densidade, formando um produto com cadeias ramificadas, ocasionando essa maior rigidez. Desta forma, é mostrado qual é a implicação de realizar o processo em diferentes condições na obtenção do produto.

No box “Bioplásticos” (p. 164) a autora explica que existe a possibilidade de alguns plásticos serem obtidos por meio de bases biológicas e ainda assim não serem biodegradáveis. Como no caso do polietileno, mesmo conseguindo ser produzido por materiais de plantas, é resistente à biodegradação. Assim como o contrário também é possível, como o texto diz “Poli(ácido láctico) (PLA) é feito de material de planta e é biodegradável.” (p. 164).

No terceiro tópico do texto “Micróbios que comem plástico” (p. 164), a autora traz a explicação de como ocorre a biodegradação dos materiais e explica o motivo de alguns plásticos não serem biodegradáveis, trazendo, também, alguns métodos que são utilizados para ser feita a digestão desses materiais.

1.3 Funcionamento institucional da Ciência:

No segundo tópico do texto “As armadilhas da durabilidade” (p. 163), a autora aborda os impactos causados pelos plásticos, evidenciando a poluição e a dificuldade que existe na decomposição de certos materiais. Logo, o texto deixa bem claro a controvérsia da utilização do plástico, tendo em vista que a maioria não é biodegradável e é descartado em aterros sanitários e em oceanos. Desta forma, afetam o ecossistema, como a autora afirma, por meio de pedaços menores ou microplásticos, bloqueando o intestino de aves e mamíferos e sendo consumidos por peixes (p. 164). Além dessa, são citadas outras formas que o plástico poderia ser prejudicial no meio ambiente.

1.4 Abordagens e contextos:

O capítulo traz uma contextualização socioambiental, mostrando as vantagens do uso do plástico, sendo até mais higiênico em alguns casos, porém, evidenciando que o seu uso também gera muitos problemas ambientais. No box “Plásticos Naturais” tem-se a explicitação do desenvolvimento tecnológico alcançado com o uso dos plásticos, substituindo materiais feitos com produtos animais — chifre de animais e carapaça de tartaruga — por poliéster, por exemplo. Com o tempo, o comércio desses tipos de materiais animais se tornou ilegal, logo o plástico conseguiu facilmente ocupar esse posto devido suas características. O texto traz um cenário político e econômico relacionado ao assunto expondo a importância da evolução da Ciência para contornar essas situações, sem deixar de tratar dos impactos futuros que o desenvolvimento dessa tecnologia pode gerar.

2. Análise de Forma:

2.1. Estrutura:

Apesar de ser construído para uma publicação em livro não didático, este texto traz uma discussão sobre o assunto que pode ser muito bem aproveitada em sala de aula. Isto porque o texto enfatiza os impactos que são gerados pelos produtos do desenvolvimento tecnológico da Ciência. Nesse sentido, ele pode ser utilizado como um material de apoio em sala de aula.

Assim como nos outros capítulos, o texto traz em sua construção uma linha do tempo com acontecimentos importantes sobre o assunto abordado. Também, alguns recursos visuais que são importantes em TDCs.

2.2. Linguagem/Analogias:

A linguagem do texto é acessível, porém, assim como foi tratado anteriormente, tem-se a necessidade de alguns conhecimentos prévios em certas partes em que traz uma linguagem um pouco mais técnica. Alguns termos científicos não são explicados com muita clareza, por exemplo, LDPE e HDPE, que são polietileno de alta ou baixa densidade, isto é explicitado, porém, não se explica qual a diferença entre ser de alta ou baixa densidade. O texto apenas cita que com um deles é possível formar materiais mais rígidos e com o outro não, o porquê dessa propriedade não é debatido. Apesar disto, o restante do texto possui uma linguagem clara sem prejudicar o entendimento do assunto. Quanto à alguns conhecimentos prévios, por este texto se encontrar mais no final do livro, entende-se que o leitor teria passado por alguns capítulos que dariam base na leitura deste. Por exemplo, quando a autora cita um processo que se encontra em um capítulo anterior “O etano é um produto do craqueamento químico de óleo cru (ver página 62) [...]” (p. 163). É importante ressaltar que esse capítulo, diferente dos demais, não apresenta analogias.

2.3. Recursos visuais e textuais:

O texto apresenta o mesmo padrão para recursos visuais e textuais do restante do livro. Apresentando uma nota de margem, uma linha do tempo com acontecimentos marcantes sobre o tema e dois boxes com curiosidades, contextualizações sobre o assunto. Em um desses boxes foi tratado dos avanços tecnológicos e, em outro, apresentando uma curiosidade mostrando que ser bioplástico não implica em ser biodegradável.

3. Critérios adicionais:

3.1. Sugestão ou descrição de experimentos/Contexto Histórico

Este capítulo não apresenta nenhuma sugestão ou descrição de experimento. Como contexto histórico, a autora traz um exemplo descrevendo a forma como as batatas fritas eram vendidas: “Logo que as batatas fritas foram produzidas em massa, elas eram vendidas em latas, em pacotes de papel encerado ou, algumas vezes, em grandes recipientes dos quais eram retiradas pelo consumidor, como balas a granel” (p. 162). Assim, após o plástico passar a ser conhecido, essas batatas fritas passaram a ser comercializadas em pacotes de plásticos. A autora também retrata que, em algumas décadas, vários outros tipos de plásticos surgiram, estando disponíveis agora alguns sendo até mesmo remodeláveis. Contudo, ainda não se tinha o conhecimento de que plásticos eram polímeros, ou seja, cadeias longas. Tinha-se a ideia de que, ao invés de serem feitos de cadeias longas, esse material era formado por cadeias curtas agregadas. Isto porque ainda não se conhecia o conceito de macromoléculas, o qual foi apresentado em 1920.

Tudo isso o texto aborda, explicitando como estes processos de transformações são necessários para que a Ciência evolua. Da mesma forma, percebeu-se na atualidade, como foi tratado no texto, que os plásticos podem ser prejudiciais para o ecossistema. Logo, a Ciência precisa se transformar com o objetivo de substituir tais materiais ou encontrar formas de resolver essa problemática, passando por outro processo de evolução. Assim, o texto evidencia a Ciência como algo que sempre vai se transformar, não como algo pronto.

3.2. Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade:

Neste capítulo, a autora aborda uma temática CTS no segundo tópico “As armadilhas da durabilidade” (p. 163) em que é possível criar uma discussão em sala de aula sobre a utilização dos plásticos, considerando que, em alguns produtos utilizados, o plástico é material base e esses são muito úteis no dia a dia.

A autora trouxe a preocupação que se tem com o descarte indevido desses materiais, considerando que não são biodegradáveis, explicitando os impactos ambientais causados. Por exemplo, quando o texto diz “No oceano do Pacífico Norte, há um ‘vórtice de lixo’ em rotação de tamanho incomensurável, composto principalmente de plástico” (p. 184). Claramente, este é um ponto em que as controvérsias podem ser ressaltadas e trabalhadas em sala de aula, tendo em vista a possibilidade de se debater a redução do uso

desses materiais e, até mesmo, a necessidade da substituição desses por outros que sejam biodegradáveis.

Um exemplo recente que pode ser tratado se refere a proibição da utilização de canudos de plástico. Isso se deu justamente por um impacto ambiental gerado pelo uso demasiado deste produto. Contudo, existem ainda vários outros que não foram proibidos. O porquê isto acontece desta forma pode ser um enfoque para uma discussão. Essas discussões também podem trazer à tona o entendimento da necessidade de se encontrar materiais que sejam capazes de substituir o plástico e consigam diminuir os impactos gerados.

Por fim, o texto se apresenta como um bom material de apoio em sala de aula. Logo, se o professor deseja fazer alguma atividade diferente como, por exemplo, uma proposta CTS com a temática polímeros, o material pode ajudar a fomentar uma discussão sobre suas aplicações e os impactos ambientais que eles geram. Tendo em vista, também, que a ideia condensada do capítulo é “Polímeros multiuso causam um problema de poluição” (p. 164), algo que realmente foi abordado e enfatizado pela autora neste capítulo.

Para se ter uma visão geral das características do texto de divulgação científica Elementos, a partir das categorias adaptadas de Ribeiro e Kawamura (2005), é apresentada a Tabela 4, a seguir. Tendo em vista a abordagem das categoriais, foi atribuído o valor 1 se o critério observado se encontra presente, 0,5 para parcialmente presente e 0 para ausente.

Para as analogias, apenas estar presente não pode ser o único fator relevante para que o texto seja visto de forma positiva. As analogias necessitam de uma análise mais profunda, considerando que podem gerar obstáculos epistemológicos. Portanto, no que se refere às analogias, como podem ser boas, medianas ou ruins, atribui-se também os valores 1, 0,5 e 0, respectivamente, de acordo com sua qualidade.

Tabela 4: Classificação quanto aos critérios utilizados para análise do TDC Plásticos

Capítulo 40 – Plásticos		Valor atribuído
Conteúdo	Temática	1
	Procedimentos internos da Ciência	1
	Funcionamento Institucional da Ciência	1
	Abordagens e Contexto	1
Forma	Estrutura	1
	Linguagem	1
	Recursos Visuais	1
Critérios Adicionais	Contexto Histórico	1
	Sugestão ou descrição de experimentos	0
	Analogias	0
	Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade	1
Total	--	9

Análise Capítulo 44 – Drogas

1. Análise de conteúdo

1.1. Temática:

Este capítulo apresenta uma temática que se encontra no centro da preocupação da Ciência, tendo em vista o vasto uso e aplicações dessas substâncias na vida do ser humano. Na verdade, o consumo desses produtos pode ser considerado, muitas vezes, indispensável para alguns. Logo, o tema pode ser bem chamativo para o leitor e muito interessante de ser trabalhado em sala de aula.

Pensando nessa temática para a proposição de ações no contexto da sala de aula, existe também a possibilidade de ser realizada algum tipo de atividade interdisciplinar. Considerando que a BNCC (2018) não divide as habilidades e competências em disciplinas, um dos temas contemporâneos transversais por ela recomendado é o tema Saúde. Assim, o texto pode ser utilizado para uma discussão interdisciplinar deste tema.

O texto aborda a temática primeiro explicitando os diferentes efeitos que podem ser causados, mostrando a fonte de vários dos compostos que são princípio ativo dos produtos utilizados. Assim, os enfoques dados no texto são para explicar de onde são extraídas as substâncias, se são rotas sintéticas ou naturais e alguns processos que são realizados em busca de se aumentar a eficiência no combate a doenças. Cabe ressaltar que isso é feito de forma que o leitor que não tenha um conhecimento prévio sobre o assunto consiga entender.

1.2. Procedimentos internos da Ciência:

Em um primeiro momento, ao falar sobre a obtenção de alguns compostos, o texto cita como alguns pesquisadores procederam ao estudar um animal em particular, uma esponja preta. Antes de mostrar isso, o texto deixa claro quais são as fontes que os cientistas usam para encontrar substâncias que tenham efeitos positivos em alguns tratamentos. Então na primeira página a autoria explicita que “[...] há drogas únicas baseadas em compostos encontrados em esponjas do mar [...]” (p. 178) e, logo em seguida, no tópico “Tudo ao mar” (p. 178) é citado que alguns pesquisadores encontraram em uma esponja preta — utilizando seiscentos quilos desta — um composto que despertou interesse e, segundo a autora, foi anunciado como um composto que “exibia notável atividade antitumoral” (p. 178).

Mais adiante, o texto discorre ainda sobre o mesmo composto e sobre formas de encontrá-lo mais facilmente. Contudo, neste ponto, não é explicitado qual composto é

esse e o motivo de ele apresentar atividade antitumoral. Logo, nesta parte, o texto não deixa explícita a maneira como os dados são obtidos e qual a adequação do uso deste composto.

No segundo tópico “Na biblioteca” (p. 179) a autora cita uma maneira como os cientistas poderiam encontrar uma molécula com ação específica. Isto ocorre a partir de uma biblioteca de moléculas, nas quais eram realizados alguns experimentos para que pudesse encontrar atividade em determinadas condições. Contudo, o texto não explica o que seriam as “[...] atividades interessantes” (p. 179) que os cientistas estavam procurando, o que diferenciaria uma molécula de outra para determinado fim. O texto também retrata que era realizado “[...] triagem de todas elas [...]” (p. 179) sem deixar claro o que seria essa “triagem”, não possibilitando entender a eficiência do método e sua adequação também.

1.3. Funcionamento institucional da Ciência:

No que diz respeito as relações entre os processos da Ciência e os produtos, o texto apresenta alguns pontos que podem ser tratados em sala de aula. Por exemplo, em um box intitulado “Viagra” (p. 179) a autora traz o acontecimento em que uma droga que foi originalmente sintetizada para um tratamento cardíaco, visando uma ação na pressão arterial e que não foi útil para o tratamento de pressão, apresentou outros efeitos em pacientes do sexo masculino. O motivo disso ter acontecido pode ser um assunto abordado em sala de aula, como uma atividade tradicional ou até mesmo com uma perspectiva investigativa, em que o estudante, com ajuda do professor, teria que levantar hipóteses sobre o motivo pelo qual essa substância não teve o efeito desejado.

Neste mesmo ponto poderia ser levantado uma discussão sobre interesses econômicos envolvendo a Ciência e a forma como essas pesquisas podem influenciar diretamente na economia. Visto que, até certo ponto, esse ocorrido pode ter acarretado em prejuízos — até mesmo pela quantidade de material utilizado que foi necessário no processo — e em outras perspectivas trouxeram também muito lucro, a partir de novas possibilidades e interesses em financiar novas pesquisas.

Em outro box, “Alvo fácil?” (p. 180), o texto também aborda a influência que a obtenção dos produtos têm sobre os processos realizados, tendo em vista um resultado que já se mostrou relevante para a sociedade. Isso ocorre quando a autora afirma “A maior parte das drogas que mais vendem são substâncias químicas que miram em receptores na superfície da célula, por exemplo, os GPCRs” (p. 180) e, também, “É por isso que

desenvolvedores de drogas continuam a fazer a triagem de milhares de drogas potenciais de cada vez, procurando qualquer uma que possa atingir GPCRs” (p. 180). Sendo estas drogas que enquadram como GPCRs mais de um terço das drogas prescritas (p. 180).

No terceiro tópico “Drogas projetadas” (p. 180) a autora explicita também a necessidade de se encontrar novas drogas, devido a um problema que ela retrata como “um dos maiores problemas encarados pela indústria farmacêutica: a resistência a drogas” (p. 180). Assim, o texto gera possibilidades de serem trabalhados — por meio de discussões e atividades em sala de aula — interesses políticos e econômicos na busca dessa nova categoria de drogas citada no texto (p. 181).

1.4. Abordagens e contextos:

Este capítulo traz poucas contextualizações além da linha do tempo que aborda o contexto histórico. A autora traz, em boxes, curiosidades sobre o tema, abordando em um deles o assunto Viagra e, em outro, sobre o tipo de drogas que são mais visados pelos desenvolvedores. Ambos podem ser utilizados por professores para direcionar o olhar para os interesses econômicos do assunto.

2. Análise de Forma:

2.1. Estrutura:

A construção do texto é feita, como nos outros, para publicação em livro, logo, as ênfases dadas ao conteúdo não são muito aprofundadas devido o texto ser escrito para um leitor leigo no assunto. Contudo, tirando alguns pontos em que a autora poderia discorrer um pouco mais sobre, por exemplo, quando é tratado da “triagem” ou sobre as “atividades interessantes” (p. 179) — como foi falado anteriormente — o texto não deixa a desejar no conteúdo abordado. Então, o texto pode ser um bom material de apoio para se trabalhar essa temática em alguma atividade escolar.

2.2. Linguagem/Analogias:

A linguagem deste capítulo não apresenta muitos termos técnicos, facilitando o entendimento do público leigo e mantendo as explicações de formas claras e simples. As analogias não estão presentes neste capítulo. Um dos poucos termos técnicos utilizados foi “GPCRs”, que pode acabar assustando um pouco o leitor e tendo uma compreensão um pouco mais difícil. Contudo, a autora explicou de maneira simplificada de modo que ajudasse na compreensão do que estava sendo abordado.

2.3. Recursos visuais e textuais:

O texto apresenta o mesmo padrão do restante do livro. Apresentando recursos visuais como: uma nota de margem, uma linha do tempo com acontecimentos marcantes sobre o tema e dois boxes com curiosidades trazendo contextualizações sobre o assunto.

3. Critérios adicionais:

3.1. Sugestão ou descrição de experimentos/Contexto Histórico:

Neste capítulo, a autora não sugere nem descreve nenhum experimento. Como os outros textos, esse também apresenta a linha do tempo mostrando alguns pontos históricos relacionados à temática. Além disso, a autora também aborda o contexto histórico ao falar sobre o sildenafil (viagra) no box “Viagra” (p. 179), e ao longo do primeiro tópico “Tudo ao mar” (p. 178) em que trata de como eram separados os compostos utilizados e o processo realizado, assim como, é explicitado os resultados alcançados e como eram insatisfatórios. Desta maneira o texto evidencia que a Ciência não é absoluta, trazendo a realidade de épocas diferentes e mostrando a mudança nos interesses das pesquisas.

Isso pode ser compreendido ao ler o início do texto, no qual a autora retrata que em 1980 pesquisadores japoneses coletavam amostras de esponjas para realizar experiências e encontrar compostos que poderiam despertar o interesse econômico e político (p. 178). Contudo, todo o processo rendia muito pouco do composto desejado e as estratégias sintéticas não funcionavam muito bem (p. 179). Logo, uma década depois, o interesse já não estava mais nessa mesma molécula, mas passou a ser algo que se tornara mais palpável para o interesse geral. Assim, os pesquisadores começaram o que era chamado de bibliotecas de moléculas para realizar experimentos e testarem suas atividades (p. 179).

Além destes pontos, a autora abordou o capítulo todo como um contexto histórico, explicitando essas evoluções e deixando clara a ideia das transformações da Ciência. Mais à frente, o texto aborda uma maneira que os pesquisadores encontraram para trabalhar com o composto que antes não era muito viável. Em outro tópico, traz também projeções futuras de como é esperado que ocorram as transformações nessa área de pesquisa, mostrando ideias novas que hoje são tidas como os objetivos que precisam serem alcançados para que alguns problemas relacionados a saúde e vivenciados na atualidade sejam superados (p. 181).

3.2. Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade:

O texto não aborda diretamente as controvérsias existentes nos processos que são citados, embora alguém possa parar e refletir sobre, por exemplo, a forma como eram obtidos os compostos, por meio de animais, ou seja, eles teriam que intervir de alguma forma no ecossistema de algum local. Pensando desta forma o texto pode ser usado como um material que irá fomentar essa ideia, mas, visando uma atividade em sala de aula, essa seria orientada pelo professor.

A partir desse tipo de atividades, seria gerado uma discussão sobre os produtos que a Ciência oferece, considerando os impactos, se estes são grandes e causam muito dano ou se é algo que pode ser reparado diminuindo os efeitos, logo, se o processo também envolve essa reparação. Enfim, existem vários outros temas que podem ser trabalhados com essa perspectiva dentro da temática, porém, o texto não os fomenta, deixando evidentes apenas os pontos que foram tratados aqui.

A ideia condensada do capítulo é “Rotas naturais e sintéticas para substâncias químicas que derrotam doenças” (p. 181). Isto de fato resume a ideia da autora, em que foi retratado durante o texto as diferentes maneiras em que os pesquisadores chegavam a essas substâncias utilizadas para tratamentos de doenças.

Para se ter uma visão geral das características do texto de divulgação científica Elementos, a partir das categorias adaptadas de Ribeiro e Kawamura (2005), é apresentada a Tabela 5, a seguir. Tendo em vista a abordagem das categoriais, foi atribuído o valor 1 se o critério observado se encontra presente, 0,5 para parcialmente presente e 0 para ausente.

Para as analogias, apenas estar presente não pode ser o único fator relevante para que o texto seja visto de forma positiva. As analogias necessitam de uma análise mais profunda, considerando que podem gerar obstáculos epistemológicos. Portanto, no que se refere às analogias, como podem ser boas, medianas ou ruins, atribui-se também os valores 1, 0,5 e 0, respectivamente, de acordo com sua qualidade

Tabela 5: Classificação quanto aos critérios utilizados para análise do TDC Drogas

Capítulo 44 - Drogas		Valor atribuído
Conteúdo	Temática	1
	Procedimentos internos da Ciência	1
	Funcionamento Institucional da Ciência	1
	Abordagens e Contexto	1
Forma	Estrutura	1
	Linguagem	1
	Recursos Visuais	1
Crítérios Adicionais	Contexto Histórico	1
	Sugestão ou descrição de experimentos	0
	Analogias	0
	Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade	0,5
Total	--	8,5

Análise comparativa dos textos

Foram analisados cinco textos do livro “50 ideias de química que você precisa conhecer” (BIRCH, 2018). De modo geral, sabendo que todos os textos analisados estão presentes no mesmo veículo, não se tem uma mudança muito grande entre as suas estruturas. Os resultados da análise estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Classificação dos capítulos analisados quanto aos critérios utilizados.

Capítulos		1 - Átomos	2 - Elementos	3 - Isótopos	40 - Plásticos	44 - Drogas
Conteúdo	Temática	1	1	1	1	1
	Procedimentos internos da Ciência	0,5	0,5	1	1	1
	Funcionamento Institucional da Ciência	0,5	1	1	1	1
	Abordagens e Contexto	1	1	1	1	1
Forma	Estrutura	1	1	1	1	1
	Linguagem	1	0,5	1	1	1
	Recursos Visuais	1	1	1	1	1
Critérios Adicionais	Contexto Histórico	1	1	1	1	1
	Sugestão ou descrição de experimentos	0	0	1	0	0
	Analogias	0	0	0	0	0
	Aspectos controversos da relação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)	0	1	0	1	0,5
Total	--	7	8	9	9	8,5

O valor 1 é atribuído se o critério observado se encontra presente, 0,5 para parcialmente presente e 0 para ausente.

Dentre os critérios utilizados para a análise dos textos, a sugestão ou descrição de experimento foi o que menos esteve presente. Contudo, outros aspectos se mostraram recorrentes e estiveram presentes em todos os textos.

Assim, a categorização destes textos está representada na Tabela 1, com todos os critérios utilizados na análise, pontuando-os com um valor entre 0 e 1. O máximo de pontos que um texto poderia ter seria 11, se apresentasse todos os critérios presentes.

Porém, é necessário ressaltar que, no caso das analogias, o fato de estar presente não pode ser o único fator relevante para que o texto seja visto de forma positiva. As analogias necessitam de uma análise mais profunda, considerando que podem gerar obstáculos epistemológicos (MÓL, 1999). Por exemplo, nos textos analisados, as analogias foram consideradas ruins e suscetíveis a gerar confusões no entendimento do conteúdo abordado. Portanto, no que se refere às analogias, como podem ser boas, medianas ou ruins, atribui-se também os valores 1, 0,5 e 0, respectivamente, de acordo com sua qualidade.

Para uma melhor visualização comparativa entre as análises dos textos, foram representados nas Figuras 1 a 4 os resultados obtidos referentes ao conteúdo, a forma, os critérios adicionais e a classificação geral dos textos, respectivamente.

Figura 1: Quantificação comparativa quanta à dimensão Conteúdo



Fonte: autor

De acordo com a Figura 1, que diz respeito ao conteúdo, os três últimos capítulos se destacam por apresentarem a pontuação máxima. O critério “funcionamento institucional da Ciência” foi observado como parcialmente presente somente em um texto, o capítulo 1. Já o critério a apresentar mais mudanças na pontuação nesta dimensão foi “procedimentos internos da Ciência”, estando parcialmente presente nos dois primeiros textos. Logo, entende-se que estes primeiros textos foram insuficientes na explicitação das elaborações e adequações de modelos. Este ponto é importante por mostrar ao leitor

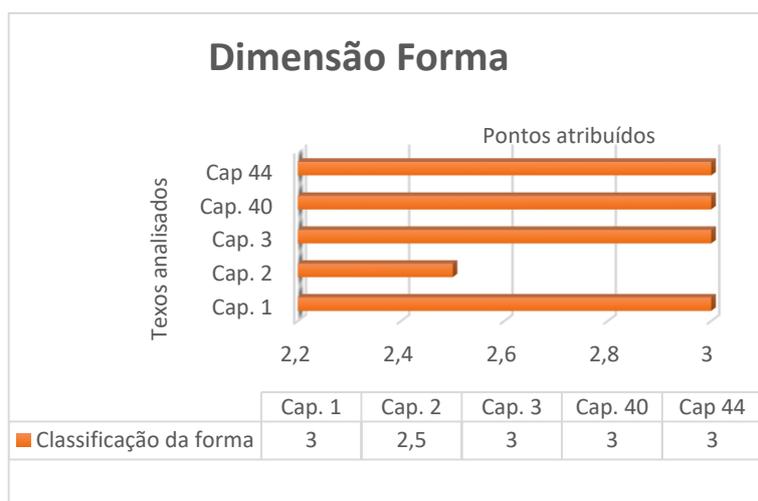
como os dados apresentados foram obtidos e o porquê daquele modelo ter sido aceito, trazendo mais sentido ao conteúdo abordado.

Assim, os últimos três textos, ao retratar um pouco desse cenário, aproximam o leitor à Ciência. Porquanto, não somente fornece informações de como algo é ou como se comporta, mas, de como foi possível encontrar o modelo adequado para representar o fenômeno em questão.

Quanto ao funcionamento institucional da Ciência, este critério esteve presente em quatro textos e parcialmente presente no primeiro, o que é importante para explicitar como os processos da Ciência estão ligados aos seus produtos, mostrando a forma como eles se relacionam em âmbitos políticos, econômicos, sociais e ambientais. No primeiro capítulo, este critério foi considerado como parcialmente presente por não abordar discussões em diferentes âmbitos. Mas o capítulo trata sobre o que acontece com uma teoria quando surge outra moderna. Ou seja, os processos e os produtos da Ciência, a elaboração dos modelos e o modelo em si, respectivamente. No entanto, foi considerado como um ponto negativo, pois a autora apresenta de maneira que fique subentendido que o modelo antigo é descontinuado. Porém, isto não acontece, os modelos continuam sendo utilizados para teorias que necessitam deles.

Abordagens e contextos foi outro critério que também não esteve ausente nos textos, possibilitando que todos os capítulos tivessem os olhares direcionados para diferentes domínios e para as consequências da economia e de ações políticas nas pesquisas.

Figura 2: Quantificação comparativa quanta à dimensão Forma



Fonte: autor

A Figura 2, que diz respeito à forma, apresenta quatro textos com pontuação máxima. No entanto, o primeiro capítulo, por exemplo, apresenta analogias consideradas ruins — presentes dentro da categoria linguagem — logo sua presença é um ponto negativo identificado no texto. Cabe ressaltar que as analogias foram analisadas mais a fundo — representadas na Figura 3 — e colocadas como um critério a parte da categoria Forma.

O capítulo 40 “Plásticos” não apresenta analogias e, em algumas partes, a linguagem ficou mais técnica e sem muitos detalhes. Não obstante, esta foi uma pequena parte do texto, e todo o resto apresenta uma linguagem acessível e clara de forma que o entendimento não fosse prejudicado, por isso, em sua análise, este critério foi considerado presente. O motivo de o segundo capítulo apresentar a pontuação igual a 0,5 ponto, é devido à alguns equívocos nos conceitos apresentados no texto, por exemplo, a definição do que é o elemento. Os capítulos 3 e 44 apresentaram linguagens de acordo como é necessário em um texto de divulgação científica, simplificando os termos técnicos sem prejudicar o entendimento e apresentando-os com clareza.

Os outros critérios desta categoria se encontram presentes em todos os textos. A autora faz bastante utilização de recursos visuais durante todo o livro, mantendo sua estrutura padrão. Assim os textos têm em comum alguns boxes, notas de margens com citações, uma linha do tempo apontando a sequência histórica dos acontecimentos e, no início de cada capítulo, uma breve introdução sobre a temática com contextualizações de modo a atrair a atenção do leitor para aquele texto.

Figura 3: Quantificação comparativa quanta aos critérios adicionais



Fonte: autor

Nenhum texto apresentou pontuação máxima para os critérios adicionais (Figura 3). Assim, o capítulo 40 — Plásticos — se destacou entre os que possuem maior pontuação nesta categoria. Isto porque este capítulo apresentou diretamente uma preocupação com o meio ambiente ao tratar de sua temática, abordando um problema atual que se encontra no centro da preocupação da Ciência, isto é, os problemas com os descartes de plástico inadequados. Este texto possui a maior pontuação na classificação geral (Figura 4), no entanto, é igualmente recomendado para uso como material de apoio em sala de aula como o capítulo 3. Este que também possui a mesma pontuação, sendo que não teve uma classificação maior devido a analogia repetida do segundo capítulo ser considerada ruim e, portanto, não considerado o ponto na Tabela 6.

Três textos apresentam a relação CTS presente, contudo, apenas o capítulo 40 “Plásticos” aborda de uma maneira mais explícita e clara, sendo que, a autora apresenta diretamente quais são os problemas relacionados a utilização do Plástico. Os outros capítulos apresentam pontos que podem ser levados a uma discussão nessa perspectiva. No entanto, pode ser que, para tal, o professor em sala de aula precise ressaltar as ideias que serão levadas para a discussão, porque o texto pode não deixar muito claro nesse ponto de vista.

A sugestão ou descrição de experimentos não esteve muito presente nos textos analisados. Mas, quando presente, ainda não se teve um experimento que seria muito viável de ser reproduzido pelo leitor ou estudante devido à acessibilidade ao reagente. Ainda assim, a descrição dele não deixou de ser importante, possibilitando que quem esteja lendo consiga seguir a linha de raciocínio para chegar ao resultado que foi encontrado. Por outro lado, o contexto histórico esteve presente em todos os capítulos, o qual realmente é importante de ser abordado, a fim de explicitar as constantes modificações que a Ciência passou tanto no seu início, como recentemente.

No que diz respeito às analogias presentes nos três primeiros textos, foi sugerido que, para viabilizar a utilização deles como material de apoio, o professor fizesse algumas adaptações, corrigindo os erros apontados. Isso seria simples de ser feito no terceiro texto, pois, apenas em um trecho é utilizada uma analogia apresentada no capítulo anterior. As analogias encontradas no primeiro texto inviabilizam de certa forma a utilização deste, considerando os problemas que elas podem causar. Porém, apesar de o segundo capítulo apresentar menos analogias do que o primeiro, elas também suscetíveis a gerarem obstáculos epistemológicos. Entretanto, entendemos que é uma situação mais simples de se contornar para realizar a adaptação do texto.

Apesar de as analogias estarem presentes nos primeiros textos, a pontuação dada foi 0 devido a elas serem consideradas ruins. Se a analogia fosse analisada e considerada como construtiva a pontuação dada seria de 1 ponto, ou 0,5 ponto se fosse mediana.

Figura 4: Quantificação comparativa dos textos analisados



Fonte: autor

Considerando a classificação geral dos textos, apresentada na Figura 4, temos os últimos três capítulos analisados como os mais indicados para serem utilizados como materiais de apoio. Os dois primeiros textos são os menos recomendados, isto se dá por ambos apresentarem analogias equivocadas e, também, devido a um deles não explicitar totalmente os procedimentos internos da Ciência (Capítulo 1) trazendo poucas informações e o outro também ter este critério como parcialmente presente (Capítulo 2). O segundo texto também apresentou uma linguagem confusa em uma parte, podendo confundir o leitor ou o estudante causando problemas futuros. Logo, estes dois textos possuem uma classificação menor.

A pontuação total proposta seria 11. Desse modo, o primeiro capítulo encontra-se um ponto e meio acima da metade da pontuação total. Sendo assim, consideramos como razoável, porém não muito interessante para ser utilizado no contexto da educação formal, até mesmo pelos outros motivos já apresentados para este texto não ser recomendado. O segundo capítulo, apesar de apresentar uma pontuação igual a 8, possui analogias consideradas como possíveis geradores de obstáculos epistemológicos (MÓL, 1999). Apesar de considerarmos que elas podem ser facilmente evitadas, o texto também apresenta uma linguagem um tanto confusa com relação a explicação sobre o que é o elemento, dando abertura para concepções alternativas. Por isso, mesmo tendo uma pontuação igual a 8 e estando acima da média, não é um texto que seria recomendado

utilizar sem as devidas correções. Nesse sentido, se for devidamente adaptado, ele pode ser utilizado como material complementar em atividades realizadas em sala de aula.

Os capítulos 3 e 40 possuem uma pontuação total igual 9. Ambos são recomendados para utilização como material de apoio em sala de aula. Isto em vista dos aspectos presentes em cada um. O capítulo 40, por exemplo, traz uma problemática bastante atual sobre o uso de plásticos que pode ser utilizada para fomentar uma atividade com base nas ideias tratadas no texto. Este texto não apresentou nenhuma analogia. O capítulo 3, apesar de não ter uma abordagem direta com a perspectiva CTS, traz alguns pontos interessantes de serem discutidos, como a datação do carbono 14 e o estudo da meia vida dos elementos. Desta forma, este texto teria uma boa aplicabilidade em sala de aula.

O capítulo 44 possui pontuação total de 8,5. O texto não chegou a mesma pontuação dos anteriores por apresentar os aspectos CTS parcialmente presente. Isto é, a autora abordou alguns assuntos que poderiam fomentar uma discussão, contudo, de forma indireta e sem trazer essa ideia principal como foi feito no capítulo sobre plásticos. O capítulo 44 apresenta também uma potencialidade de ser utilizado em uma atividade interdisciplinar, tratando de um dos temas contemporâneos transversais recomendado pela BNCC (2018), o tema Saúde. Logo, este também é um texto recomendado, até mesmo por apresentar linguagem acessível e sem uso de analogias que podem causar confusões no entendimento do assunto. O contexto histórico abordado, mostrando a relação do interesse dos pesquisadores com a eficiência dos métodos utilizados ao longo dos anos, assim como, a evolução das técnicas, também fazem deste texto uma boa escolha para um material de apoio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante ressaltar que estes textos foram feitos para publicação em livro, logo, a autora não os construiu para que fossem especificamente usados como material didático. Assim, ao ler o texto, é possível perceber que o conteúdo, normalmente, não é muito aprofundado. A própria autora afirma que não seria tratado de “regras e receitas de química”, isto seria encontrado em outro lugar. Assim ela aborda a temática trazendo os assuntos de uma maneira geral, com o foco, muitas vezes, em mostrar as aplicações que aquele tema tem no cotidiano.

Então, a utilização destes textos não poderia ser considerada como o evento principal em uma aula. Mas, como foi tratado neste trabalho, um material que irá auxiliar no desenvolvimento do conteúdo, trazendo, na maioria das vezes, boas contextualizações e possibilidades de se levantar algumas discussões com pontos observados nos textos. Como por exemplo, aspectos CTS que em quatro destes textos se encontram presente. Logo, os textos devem ser recomendados e utilizados de acordo com o objetivo de ensino determinado pelo professor.

Um aspecto que esteve sempre presente em todos os textos foi o contexto histórico, contribuindo para ideia de mostrar ao estudante ou ao leitor que a Ciência não é absoluta e que, com o decorrer do tempo, muitas transformações podem ocorrer. Os textos também apresentam contrastes entre os produtos e os processos da Ciência, explicitando alguns cenários econômicos e políticos envolvendo as pesquisas científicas.

Considerando que em sala de aula é importante tratar de questões como a natureza da Ciência, os aspectos históricos do conhecimento científico, os procedimentos e práticas das Ciências da Natureza, tais questões são sugeridas pelos documentos oficiais — como BNCC (BRASIL, 2018) — à Educação Básica. Os textos recomendados abordam todos esses aspectos, ou seja, possuem potencial para serem trabalhados em sala de aula, de modo a contribuir satisfatoriamente para o alcance dessas questões citadas. Assim, a partir da análise desenvolvida neste trabalho, quanto à possível utilização de materiais de divulgação científica em sala de aula, em específico o livro objeto de análise “50 ideias de química que você precisa conhecer”, conclui-se que, a utilização destes textos pode contribuir no interesse e no desempenho escolar em atividades realizadas sobre suas respectivas temáticas.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. Conhecimento comum e conhecimento científico. *Revista Tempo Brasileiro*, Rio de Janeiro, n. 28, jan./mar. 1972. p. 45-46
- BACHELARD, G. El compromiso racionalista. México: Siglo Veintiuno, 1985. p. 43
- BIRCH, H. Tradução por: LONDRES, H. 50 ideias de química que você precisa conhecer. 1ª ed. Inglaterra. Editora Planeta do Brasil, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BUENO, W. da C. Jornalismo científico: conceitos e funções. **Ciência e cultura**, v. 37, n. 9, p. 1420-1427, Setembro de 1985.
- CANGUILHEM, George. Gaston Bachelard et les philosophes. In: *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris: J. Vrin, 1994. p. 187-195.
- CARNEIRO, M. H. da S. Por que divulgar o conhecimento científico e tecnológico? **Revista Virtual de Gestão de Iniciativas Sociais**, Edição Especial, p. 1 – 4, março 2009. Disponível em: <http://divulgencia.blogspot.com/2014/09/por-que-divulgar-oconhecimento.html>. Acesso em: 20 de Outubro de 2020.
- CLEMENT, J. (1993), Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics, *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241–58
- DUIT, R. (1991), On the role of analogies and metaphors in learning science, *Science Education*, 75(6), 649–672. 9 VENVIL.
- GRANGER, Gilles G. A ciência e as ciências. São Paulo: UNESP, 1994. p. 45 a 51.
- GILBERT, J. K. Educación Tecnológica: Una Nueva Asignatura En Todo El Mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 1995, Vol. 13 (1): 15-24.
- HERNANDO, M. C. Objetivos de la divulgación de la ciencia. 1997. **Chasqui**. 60: 38-42. Disponível em: <http://200.41.82.22/handle/10469/12653>. Acesso em: 20 de Outubro de 2020.
- LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar: Ciência e cotidiano. Seção III - pag. 106 - 109. Seção III.1 - pag. 109-116. **Universidade do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/25939843-Conhecimento-escolar-ciencia-e-cotidiano.html>. Acesso em: 2 de Novembro de 2020.
- MELO, J. M. de. 1982. Os impasses do jornalismo científico. **Com. & Soc. São Paulo, Cortez Editora/IMS**. 4(7): 20-21.

MÓL, G. de S. O uso de analogias no ensino de Química. **Brasília/BRA: Programa de Pós-Graduação, Instituto de Química da Universidade de Brasília (Tese de Doutorado)**, 1999.

REIS, J. 1964. A divulgação científica e o ensino. **Ci. e Cult.**, **16(4): 353**.

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. A Ciência em diferentes vozes: uma análise de textos de divulgação científica. **Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5 2005. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/3/pdf/p803.pdf>. Acesso em: 16 de Novembro de 2020.

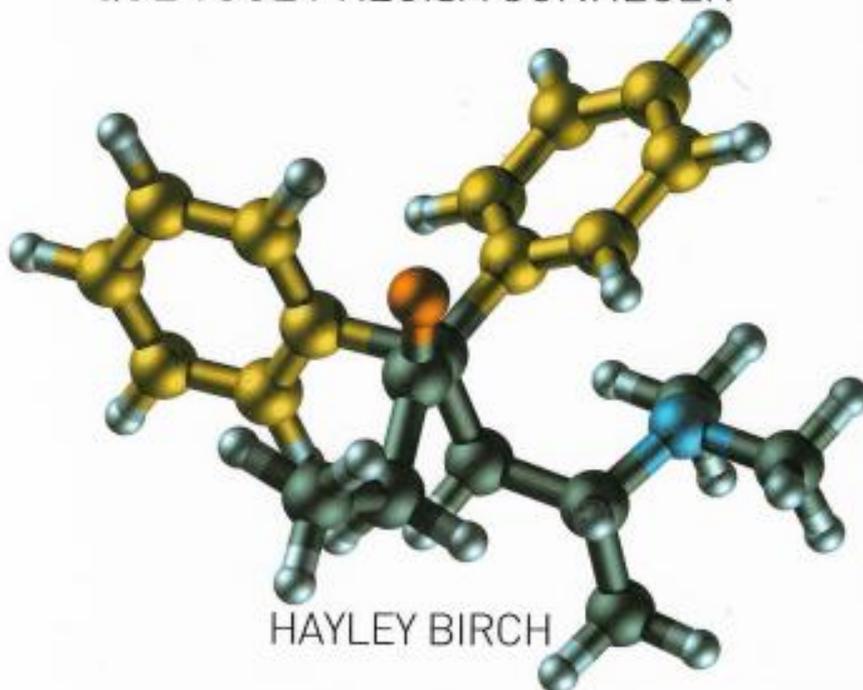
ROCHA-FILHO, C. R. et al. Ensino de conceitos em química. III. Sobre o conceito de substância. **Química Nova** **11(4), (1988); 417-419**, v. 11, n. 4, p. 419-417, Março de 1988. **Universidade Federal de São Carlos, 1988**.

VENVILLE, G. J., BRYER, L. e TREAGUST, D. F. (1994), Training students in the use of analogies to enhance understanding is science, *Australian Science Teacher Journal*, 40(2), 60–6.

VERAZTO, E. V. et al. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Revista Prisma.com**, n. 7, (2009); **60-85**, v. 24, n. 2, p. 85-60, 2018. Disponível em: <http://ojs.letras.up.pt/index.php/prisma.com/article/view/2065>. Acesso em: 15 de Novembro de 2020.

ANEXO 1

50
IDEIAS DE
QUÍMICA
QUE VOCÊ PRECISA CONHECER



 Planeta

Sumário

Introdução	5	27 Química	
01 Átomos	6	computacional	110
02 Elementos	10	28 Carbono	114
03 Isótopos	14	29 Água	118
04 Compostos	18	30 Origem da vida	122
05 Juntando tudo	22	31 Astroquímica	126
06 Mudança de fases	26	32 Proteínas	130
07 Energia	30	33 Ação enzimática	134
08 Reações químicas	34	34 Açúcares	138
09 Equilíbrio	38	35 DNA	142
10 Termodinâmica	42	36 Biossíntese	146
11 Ácidos	46	37 Fotossíntese	150
12 Catalisadores	50	38 Mensageiros químicos	154
13 Oxirredução	54	39 Gasolina	158
14 Fermentação	58	40 Plásticos	162
15 Craqueamento	62	41 CFCs	166
16 Síntese química	66	42 Compósitos	170
17 O processo Haber	70	43 Células solares	174
18 Quiralidade	74	44 Drogas	178
19 Química verde	78	45 Nanotecnologia	182
20 Separação	82	46 Grafeno	186
21 Espectros	86	47 Impressão em 3-D	190
22 Cristalografia	90	48 Músculos artificiais	194
23 Eletrólise	94	49 Biologia sintética	198
24 Microfabricação	98	50 Combustíveis futuros	202
25 Automontagem	102	A tabela periódica	206
26 Laboratório num chip	106	Índice	209

01 Átomos

Os átomos são os tijolos de construção da química e do nosso Universo. Eles constituem os elementos, os planetas, as estrelas e você. O conhecimento dos átomos, do que eles são feitos e como interagem uns com os outros, permite explicar praticamente tudo o que acontece nas reações químicas – no laboratório e na natureza.

Bill Bryson celeberramente escreveu que cada um de nós pode estar carregando até um bilhão de átomos que já pertenceram a William Shakespeare. Você pode muito bem pensar, "Uau! Isso é um monte de átomos mortos de Shakespeare". Bem, é e não é. Por um lado, um bilhão (1.000.000.000) é mais ou menos o número de segundos que cada um de nós terá vivido no nosso 33º aniversário. Por outro lado, um bilhão é o total de grãos de sal que encheria uma banheira comum, e é menos que um bilionésimo de um bilionésimo do número de átomos no seu corpo inteiro. Isso serve para explicar como um átomo é pequeno – há mais de um bilhão vezes um bilhão vezes um bilhão deles só em você –, e sugere que você não tem átomos mortos de Shakespeare em número suficiente sequer para formar uma célula cerebral.

A vida é um pêssego Os átomos são tão minúsculos que, até recentemente, era impossível vê-los. Isso mudou com o desenvolvimento de microscópios de super-resolução, a ponto de, em 2012, cientistas australianos terem sido capazes de tirar uma fotografia da sombra projetada por um único átomo. Mas nem sempre foi necessário que os químicos os vissem para compreenderem que, em algum nível fundamental, os átomos poderiam explicar a maior parte do que acontece no laboratório e na vida. Grande parte da química compreende atividades ainda menores, partículas subatômicas chamadas elétrons, que constituem as camadas externas dos átomos.

Se você conseguisse segurar um átomo na mão, como se ele fosse um pêssego, o caroço no meio seria o que é chamado de núcleo, contendo os prótons e os nêutrons, e a polpa suculenta seria formada de elétrons. De fato, se seu

linha do tempo

c. 400 a.C.

O filósofo grego Demócrito se refere a partículas indivisíveis semelhantes ao átomo

1803

John Dalton propõe uma teoria atômica

1904

Joseph John Thomson apresenta o modelo do átomo como um "pudim de passas"

pêssego fosse realmente como um átomo, a maior parte dele seria polpa, e o caroço seria tão pequeno que você poderia engoli-lo sem perceber – isso representa quanto do átomo é ocupado pelos elétrons. Mas é aquele núcleo que impede o átomo de se desmanchar. Ele contém prótons, partículas carregadas positivamente, que exercem uma atração suficiente sobre os elétrons carregados negativamente para que eles não saiam voando em todas as direções.

Por que um átomo de oxigênio é um átomo de oxigênio?

Nem todos os átomos são iguais. Você já pode ter percebido que um átomo não compartilha tantas similaridades com um pêssigo, mas vamos levar a analogia com as frutas um pouco mais longe. Os átomos se apresentam em muitas variedades ou sabores diferentes. Se nosso pêssigo fosse um átomo de oxigênio, então uma ameixa poderia ser, digamos, um átomo de carbono. Ambos são bolinhas de elétrons rodeando um caroço de próton, mas com características inteiramente diferentes. Os átomos de oxigênio flutuam em pares (O_2), enquanto os átomos de carbono se aglomeram numa massa para formar substâncias duras, como diamante e grafite (C). O que os torna elementos diferentes (ver página 10) é o seu número de prótons. O oxigênio, com oito prótons, tem dois a mais que o carbono. Elementos realmente grandes, pesados, como o seabórgio e o nobélio, têm mais de cem prótons em seu núcleo atômico. Quando há tantas cargas positivas comprimidas no espaço quase inexistente, de tão pequeno, do núcleo, cada uma repelindo a outra, o equilíbrio é facilmente perturbado e os elementos pesados, como resultado, ficam instáveis.

Em geral, um átomo, seja lá qual for seu sabor, terá o mesmo número de elétrons que os de prótons no seu núcleo. Se faltar um elétron, ou se o átomo capturar mais um, as cargas positivas e negativas já não se equilibram e o átomo se torna o que os químicos chamam de um "íon" – um átomo ou molécula carregados. Os íons são importantes porque suas cargas ajudam a unir

Teoria atômica e reações químicas

Em 1803, o químico inglês John Dalton deu uma palestra na qual propunha uma teoria da matéria baseada em partículas indestrutíveis chamadas átomos. Ele disse, em essência, que elementos diferentes são feitos de átomos diferentes, os quais podem se combinar para formar compostos, e que reações químicas envolvem um rearranjo desses átomos.

1911

Ernest Rutherford descreve o núcleo atômico

1989

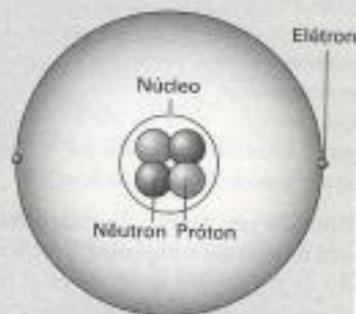
Pesquisadores da IBM manipulam átomos individuais para escrever "IBM"

2012

A descoberta do bóson de Higgs contribui com o modelo padrão do átomo

Divisão do átomo

O modelo primitivo de "pudim de passas" do átomo, de J. J. Thomson, era visto como um "pudim" macio e homogêneo carregado positivamente, com "passas" carregadas negativamente (elétrons) distribuídas ao redor de maneira uniforme. Esse modelo mudou: agora sabemos que os prótons e outras partículas subatômicas, chamadas nêutrons, formam o centro do átomo, minúsculo, denso, e que os elétrons formam uma nuvem em torno deles. Sabemos, além disso, que os prótons e os nêutrons contêm partículas ainda menores, chamadas quarks. Os químicos em geral não lidam com essas partículas menores – elas são de interesse dos físicos, que despedaçam átomos em aceleradores de partículas para encontrá-las. Mas é importante lembrar que o modelo de átomo da ciência – e como a matéria se encaixa no nosso Universo – ainda está evoluindo. A descoberta do bóson de Higgs, em 2012, por exemplo, confirmou a existência de uma partícula que os físicos já tinham incluído em seu modelo e usariam para fazer previsões a respeito de outras partículas; entretanto, ainda há trabalho a ser feito para determinar se é o mesmo tipo de bóson de Higgs que eles estão procurando.



O núcleo incrivelmente denso e pequeno de um átomo contém prótons carregados positivamente e nêutrons neutros, orbitados por elétrons carregados negativamente.

todo tipo de substância, como o cloreto de sódio, do sal de cozinha, e o carbonato de cálcio, do calcário.

Os tijolos da vida Além de constituir ingredientes da despensa, os átomos formam tudo o que rasteja ou respira ou lança raízes, construindo moléculas assombrosamente complexas, como o DNA, e as proteínas que formam nossos músculos, ossos e cabelo. Eles fazem isso unindo-se (ver página 22) a outros átomos. O que é interessante a respeito de toda a vida na Terra, no entanto, é que, apesar de sua tremenda diversidade, ela possui, sem exceção, um sabor específico de átomo: carbono.

Da bactéria que se agarra à vida em torno de fissuras nas partes mais profundas e mais escuras do oceano a pássaros voando no alto do céu, não há uma única coisa viva no planeta que não partilhe aquele elemento comum, o carbono. Mas, como ainda não descobrimos vida em nenhum outro lugar, não podemos dizer se foi por um evento aleatório que a vida se desenvolveu desse jeito, ou se a vida

poderia prosperar usando outros tipos de átomos. Os fãs de ficção científica estarão bem familiarizados com biologies alternativas – seres com base de silício apareceram em *Star Trek* e *Giarna nas estrelas* como formas de vida alienígenas.

Átomo por átomo Progressos na área da nanotecnologia (ver página 182) – que promete tudo, desde painéis solares mais eficientes até drogas que buscam e destroem células cancerosas – trouxeram o mundo do átomo para um foco mais distinto. Os instrumentos da nanotecnologia operam numa escala de um bilionésimo de metro – ainda maior do que um átomo, mas nessa escala é possível pensar em manipular átomos e moléculas individualmente. Em 2013, pesquisadores da IBM fizeram a menor animação quadro a quadro do mundo, apresentando um garoto brincando com uma bola. Tanto o garoto quanto a bola eram feitos de átomos de cobre, tudo visível individualmente no filme. Enfim a ciência está começando a trabalhar numa escala que combina com a visão que o químico tem do nosso mundo.

“A beleza de uma coisa viva não são os átomos de que ela é feita, mas o modo como esses átomos estão unidos.”

Carl Sagan

**A ideia condensada:
Tijolos de construção**

02 Elementos

Os químicos vão a extremos para descobrir novos elementos, as substâncias químicas mais básicas. A Tabela Periódica nos permite organizar essas descobertas, mas ela não é apenas um catálogo. Há padrões na Tabela Periódica que fornecem indícios a respeito da natureza de cada elemento e de como eles podem se comportar quando encontram outros elementos.

O alquimista do século XVII Hennig Brand aplicou um golpe do baú. Depois de se casar, ele abandonou o emprego como oficial do exército e usou o dinheiro da esposa para financiar uma pesquisa em busca da Pedra Filosofal – uma substância mística, ou mineral, que os alquimistas procuravam havia séculos. Segundo a lenda, a Pedra tinha o poder de “transmutar” metais comuns, como ferro e chumbo, em ouro. Depois que sua primeira mulher morreu, Brand encontrou outra esposa e continuou sua pesquisa mais ou menos da mesma maneira. Aparentemente, tinha passado pela cabeça dele que a Pedra Filosofal poderia ser sintetizada a partir de fluidos corporais, e Brand, para extraí-la, adquiriu então nada menos do que 1.500 galões de urina humana. Finalmente, em 1669, ele fez uma descoberta assombrosa, mas não era a Pedra. Por meio de suas experiências, que envolviam a fervura e separação da urina, Brand tinha, sem querer, se tornado a primeira pessoa a descobrir um elemento usando meios químicos.

Brand produziu um composto contendo fósforo, a que ele se referia como “fogo frio”, porque brilhava no escuro. Mas foi só nos anos 1770 que o fósforo foi reconhecido como um elemento novo. A essa altura, os elementos estavam sendo descobertos aos montes, com os químicos isolando oxigênio, nitrogênio, cloro e manganês, tudo no intervalo de uma década.

Em 1869, dois séculos depois da descoberta de Brand, o químico russo Dmitri Mendeleev criou a Tabela Periódica, e o fósforo tomou seu devido lugar nela, entre o silício e o enxofre.

linha do tempo

1669

Primeiro elemento – fósforo – descoberto por meios químicos

1869

Mendeleev publica a primeira encarnação de sua Tabela Periódica

1913

Henry Moseley define elementos por seu número atômico

O que é um elemento? Durante muito tempo, o fogo, o ar, a água e a terra foram consideradas "os elementos". Um misterioso quinto elemento, o éter, foi acrescentado para explicar as estrelas, já que elas não poderiam, como argumentava o filósofo Aristóteles, ser feitas de qualquer elemento terrestre. A palavra "elemento" vem do latim (*elementum*), significando "primeiro princípio" ou "a forma mais básica" – uma descrição nada ruim, mas que nos deixa pensando na diferença entre elementos e átomos.

A diferença é simples. Elementos são substâncias, em qualquer quantidade; átomos são unidades fundamentais.

Um pedaço sólido do fósforo de Brand – incidentalmente, uma matéria química tóxica e um componente de gás neurológico – é uma coleção de átomos de um elemento em particular. No entanto, curiosamente, nem todos os pedaços de fósforo são iguais, porque seus átomos podem estar arranjados de modos diferentes, mudando a estrutura interna e também a aparência externa. Dependendo de como os átomos estão dispostos no fósforo, este pode ser branco, preto, vermelho ou violeta. Essas variedades também se comportam de modo distinto, por exemplo, fundindo-se em temperaturas completamente diferentes. O fósforo branco derrete ao Sol em um dia muito quente, enquanto o fósforo preto precisaria ser aquecido numa fornalha acima de 600 °C para se fundir. Entretanto, os dois são feitos dos mesmos átomos com 15 prótons e 15 elétrons.

Padrões na Tabela Periódica Para o observador não treinado, a Tabela Periódica (ver páginas 206-7) tem a aparência de um jogo de Tetris ligeiramente não ortodoxo, no qual – dependendo da versão que você está olhando – alguns blocos não caíram bem até o fundo. Parece que precisa de uma boa arrumação. Na verdade, é uma bagunça bem organizada, e qualquer químico consegue rapidamente encontrar o que está procurando no

Decodificação da Tabela Periódica

Na Tabela Periódica (ver páginas 206-7), os elementos são representados por letras. Algumas são abreviações evidentes, como o Si para o silício, enquanto outras, como W para tungstênio, parecem não ter sentido – casos como esse costumam ser referência a nomes arcaicos. O número acima da letra é o número de massa – o número de núcleons (prótons e nêutrons) no núcleo de um elemento. O número subscrito é seu número de prótons (número atômico).

1937

Primeiro elemento produzido artificialmente – tecnécio

2000

Cientistas russos descobrem o elemento superpesado livermório

2010

Anunciada a descoberta do elemento de número atômico 117: ununseptio [atualmente esse elemento se chama tennesso]

meio da desordem aparente. Isso porque o projeto perspicaz de Mendeleev contém padrões ocultos que ligam os elementos de acordo com suas estruturas atômicas e seu comportamento químico.

Ao longo das fileiras da tabela, da esquerda para a direita, os elementos estão arrumados em ordem de número atômico – o número de prótons que cada elemento tem em seu núcleo. Mas o gênio da invenção de Mendeleev foi perceber quando as propriedades dos elementos começam a se repetir, e aí aparece uma nova fileira. É por meio das colunas, portanto, que algumas percepções mais sutis são compreendidas. Veja a coluna na extrema direita, que vai do hélio ao oganessônio. Esses são gases nobres, todos gases incolores sob condições normais e particularmente preguiçosos quando se trata de

“O mundo das reações químicas é feito um palco... os atores são os elementos.”

Clemens Alexander Winkler,
descobridor do elemento germânio

se envolverem em qualquer tipo de reação química. O neônio, por exemplo, é tão inerte que não se consegue convencê-lo a entrar em um composto com qualquer outro elemento. Os motivos para isso estão relacionados aos elétrons. Dentro de qualquer átomo, os elétrons estão dispostos em camadas concêntricas, que só podem ser ocupadas por determinado número de elétrons. Uma vez que uma camada está completa, elétrons adicionais têm de começar a preencher outra camada, mais externa. Como o número de elétrons em qualquer elemento dado aumenta com a elevação do número atômico, cada elemento tem uma configuração eletrônica diferente. A característica principal dos gases nobres é que todas as suas camadas exteriores estão completas. Essa estrutura completa é muito estável, significando que os elétrons são difíceis de ser incitados à ação.

Podemos reconhecer muitos outros padrões na Tabela Periódica. À medida que você vai da esquerda para a direita, na direção dos gases nobres, e de baixo para cima, é preciso mais esforço (energia) para extrair um elétron de um átomo de cada elemento.

O meio da tabela é ocupado principalmente por metais, que se tornam mais metálicos conforme você se aproxima do canto mais à esquerda. Os químicos usam seu conhecimento desses padrões para prever como os elementos vão se comportar nas reações.

Superpesados Uma das poucas coisas em comum entre a química e o boxe é que ambos têm seus superpesados. Ao mesmo tempo que os pesos-mosca flutuam no topo da Tabela Periódica – os átomos de hidrogênio e hélio portando apenas três prótons entre eles –, os das fileiras de baixo afundaram em virtude de suas pesadas cargas atômicas. A tabela cresceu ao longo de muitos anos incorporando novas descobertas de elementos mais

A caça pelo mais pesado superpesado

Ninguém gosta de trapaceiros, mas eles são encontrados em todas as profissões, e a ciência não é uma exceção. Em 1999, cientistas no laboratório Lawrence Berkeley, na Califórnia, publicaram um artigo científico comemorando a descoberta dos elementos superpesados 116 (livermório) e 118 (ununóctio) [atualmente, esse elemento se chama oganessônio]. Mas algo não fazia sentido. Depois de ler o artigo, outros cientistas tentaram repetir a experiência e, não importava o que fizessem, não conseguiam chegar a um único átomo do 116. Ocorreu que um dos "descobridores" tinha inventado os dados, levando uma agência governamental norte-americana a fazer um desmentido embaraçoso quanto a declarações a respeito da ciência de alto nível que estava financiando. O artigo foi recolhido e os louros pela descoberta do livermório foram para um grupo russo um ano mais tarde. Os cientistas que falsificaram os dados originais foram demitidos. Hoje em dia, o prestígio associado à descoberta de um novo elemento é tal que cientistas estão dispostos a pôr em jogo toda a sua carreira.

pesados. Mas o número 92, o elemento radioativo urânio, foi realmente o último a ser encontrado na natureza. Embora o decaimento natural do urânio gere o plutônio, as quantidades são ínfimas. O plutônio foi descoberto em um reator nuclear, e outros superpesados são gerados pela colisão de átomos em aceleradores de partículas. A caça ainda não terminou, mas certamente se tornou muito mais complicada do que ferver fluidos corporais.

A ideia condensada: As substâncias mais simples

03 Isótopos

Isótopos não são apenas substâncias mortíferas usadas para se fazer bombas e envenenar pessoas. O conceito de isótopo abrange muitos elementos químicos que têm uma quota ligeiramente alterada de partículas subatômicas. Os isótopos estão presentes no ar que respiramos e na água que bebemos. Você pode até usá-los (com total segurança) para fazer gelo afundar.

Gelo flutua. Exceto quando não flutua. Assim como átomos de um único elemento são iguais, exceto quando são diferentes. Se tomarmos o elemento mais simples, o hidrogênio, podemos concordar que todos os átomos desse elemento têm um próton e um elétron. Você não pode chamar um átomo de hidrogênio de átomo de hidrogênio a não ser que ele só tenha um próton no núcleo. Mas e se o único próton for acompanhado de um nêutron? Ainda assim seria hidrogênio?

Os nêutrons eram a peça do enigma que estava faltando e que escapava aos químicos e físicos até os anos 1930 (ver "Os nêutrons desaparecidos", a seguir). Essas partículas neutras não fazem qualquer diferença no equilíbrio geral da carga de um átomo, mas alteram radicalmente a sua massa. A diferença entre um e dois nêutrons no núcleo de um átomo de hidrogênio é suficiente para fazer o gelo afundar.

Água pesada A introdução de um nêutron a mais num átomo de hidrogênio faz uma grande diferença para esses átomos peso-mosca, é o dobro da quota de núcleons deles. O "hidrogênio pesado" resultante é chamado de deutério (D ou ^2H) e, exatamente como fazem os átomos normais de hidrogênio, os átomos de deutério se agarram ao oxigênio para formar água. É claro que não formam água normal (H_2O). Formam água com nêutrons a mais: "água pesada" (D_2O), ou, para dar o nome apropriado, óxido de deutério. Pegue água pesada – comprada facilmente on-line – e a congele numa forma de gelo. Jogue um cubo num copo de água comum e, olhe só, ele afunda! A título de comparação, você pode acrescentar um cubo de gelo

linha do tempo

1500

Alquimistas tentam "transmutar" substâncias em metais preciosos

1896

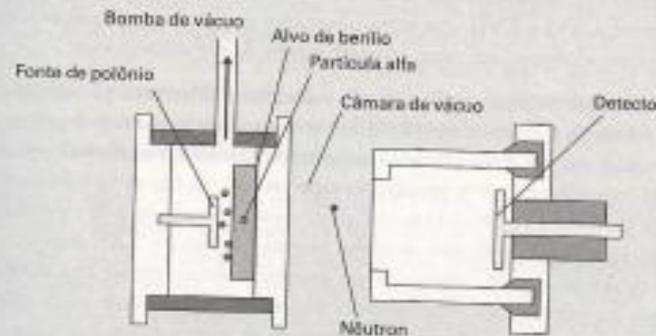
Primeiro uso de radiação no tratamento de câncer

1920

Descrições iniciais de "dupletos neutros" (nêutrons) por Ernest Rutherford

Os nêutrons perdidos

A descoberta de nêutrons pelo físico James Chadwick – que continuou trabalhando na bomba atômica – solucionou um problema incômodo com o peso dos elementos. Durante anos, tinha ficado aparente que os átomos de cada elemento eram mais pesados do que deviam. Do ponto de vista de Chadwick, os núcleos atômicos não poderiam de jeito algum pesar tanto quanto pesavam se tivessem apenas prótons. Era como se os elementos tivessem ido para suas férias de verão com a bagagem cheia de tijolos. Só que ninguém conseguia encontrar os tijolos. Chadwick tinha sido convencido por seu supervisor, Ernest Rutherford, que os átomos estavam contrabandoando partículas subatômicas. Rutherford descreveu essas duplicatas neutras, ou nêutrons, em 1920. Mas foi só em 1932 que Chadwick encontrou provas concretas para apoiar a teoria. Ele descobriu que, ao bombardear o metal prateado berílio com radiação do polônio, ele conseguia emitir partículas subatômicas de carga neutra – os nêutrons.



A reação que expela os nêutrons (n) do alvo de berílio é: ${}^4_2\text{He} + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_0\text{n} + {}^{12}_6\text{C}$

comum e se maravilhar com a diferença que faz uma partícula subatômica por átomo.

Na natureza, cerca de um em cada 6.400 átomos de hidrogênio tem um nêutron a mais. Há, no entanto, um terceiro tipo – ou isótopo – do hidrogênio, e esse é muito mais raro e um tanto menos seguro para se manusear em casa. O trítio é um isótopo do hidrogênio no qual cada átomo contém um próton

1932

James Chadwick descobre o nêutron

1960

Prêmio Nobel de Química concedido a Willard Libby pela datação usando carbono-14

2006

Alexander Litvinenko morre emvenenado por polônio radioativo

e dois nêutrons. O trítio é instável, no entanto, e como outros elementos radioativos, ele sofre decaimento radioativo. É usado no mecanismo que detona as bombas de hidrogênio.

Radioatividade Frequentemente a palavra “isótopo” é precedida da palavra “radioativo”, de maneira que pode haver uma tendência a se supor que todos os isótopos são radioativos. Não são. Como acabamos de ver, é perfeitamente possível ter um isótopo de hidrogênio que não é radioativo – em outras palavras, um isótopo estável. Do mesmo modo, há isótopos estáveis de carbono, de oxigênio e de outros elementos na natureza.

Instáveis, os isótopos radioativos decaem, significando que seus átomos se desintegram, liberando matéria do núcleo sob a forma de prótons, nêutrons e elétrons (ver “Tipos de radiação”, abaixo). O resultado é que o número atômico desses elementos se modifica e eles podem se transformar em elementos inteiramente diferentes. Isso poderia ter parecido mágica para os alquimistas dos séculos XVI e XVII, que eram obcecados por encontrar modos de transformar um elemento em outro (o outro sendo, de preferência, ouro).

Os elementos radioativos decaem em velocidades diferentes. O carbono-14 – uma forma de carbono com 14 núcleons em seu núcleo (sendo 6 prótons e 8 nêutrons), em vez dos 12 regulamentares (6 prótons e 6 nêutrons) – pode ser usado com segurança sem precauções especiais. Se você tiver de medir um grama de carbono-14 e deixá-lo no parapeito de uma janela, terá de esperar muito tempo para que seus átomos decaiam. Seriam necessários 5.700 anos para que metade dos átomos de carbono de sua amostra se desintegrasse. Essa medida de tempo, ou velocidade de decaimento, é chamada de tempo de meia-vida. Em contraste, o polônio-214 tem uma meia-vida de menos de um milésimo de segundo, significando que, em algum mundo paralelo maluco onde você pudesse medir um grama de polônio radioativo, você sequer teria a chance de levá-lo

ao parapeito da janela antes que ele todo tivesse decaído perigosamente.

Tipos de radiação

A radiação alfa, consistindo de dois prótons e dois nêutrons, é equivalente a um núcleo atômico de hélio. Ela é fraca e pode ser bloqueada por uma folha de papel. A radiação beta é constituída de elétrons rápidos e penetra a pele. A radiação gama é energia eletromagnética, como a luz, e só pode ser bloqueada por uma placa de chumbo. Os efeitos da radiação gama são muito nocivos; raios gama de alta energia são usados para destruir tumores cancerosos.

O ex-espião russo Alexander Litvinenko e, possivelmente, o líder palestino Yasser Arafat, foram mortos com um isótopo do polônio mais estável, que decai ao longo de dias em vez de segundos, embora de modo fatal. No corpo humano, a radiação liberada pela desintegração do núcleo do polônio-210 dilacera as células e provoca dores, enjoo e falência do sistema imunológico no processo. Em investigações desses casos, os cientistas procuraram produtos do decaimento do

polônio, porque o polônio-210 propriamente dito já não estava mais presente.

De volta para o futuro Os isótopos radioativos podem ser mortais, mas também podem ajudar a compreender nosso passado. O carbono-14 que deixamos decaindo lentamente no parapeito da nossa janela tem alguns usos científicos bem conhecidos – um deles é a datação de fósseis pelo isótopo do carbono, o outro é aprender a respeito de climas passados. Como temos uma boa ideia de quanto tempo os isótopos radioativos levam para decair, os cientistas conseguem calcular a idade de artefatos, animais mortos ou atmosferas antigas preservadas em gelo, analisando os níveis de diferentes isótopos. Naturalmente, qualquer animal irá inalar pequenas quantidades de carbono-14 – no dióxido de carbono – durante a vida. Isso cessa assim que o animal morre, e o carbono-14 dentro dele começa a decair. Como os cientistas sabem que o carbono-14 tem uma meia-vida de 5.700 anos, eles podem calcular quando os animais fossilizados morreram.

Quando amostras de gelo são recolhidas de calotas glaciais ou de geleiras que foram congeladas há milhares de anos, elas já fornecem uma linha do tempo das mudanças atmosféricas, baseada nos isótopos que contêm. Essa compreensão do passado do nosso planeta pode nos ajudar a prever o que acontecerá com a Terra no futuro, já que os níveis de dióxido de carbono continuam a variar.

“Raramente uma única descoberta em química teve um impacto tão grande sobre o pensamento em tantos campos do empreendimento humano.”

Professor A. Westgren, apresentando o Prêmio Nobel de Química pela datação por carbono-14 a Willard Libby

**A ideia condensada:
A diferença que um
nêutron faz**

40 Plásticos

Como fazíamos antes da invenção do plástico? Como levávamos nossas compras para casa? De onde tirávamos nossas batatas fritas para comer? Do que tudo era feito? É estranho pensar que isso não foi há tanto tempo assim.

Logo que as batatas fritas foram produzidas em massa, elas eram vendidas em latas, em pacotes de papel encerado ou, algumas vezes, em grandes recipientes dos quais eram retiradas pelo consumidor, como balas a granel. Hoje, comprar batatas fritas é uma tarefa mais conveniente e mais higiênica – elas são vendidas em pacotes de plástico, exatamente como os demais alimentos que compramos.

A primeira empresa de batatas fritas dos Estados Unidos foi fundada em 1908, o ano seguinte à invenção da baquelite, o primeiro plástico inteiramente sintético. A baquelite é uma resina de cor âmbar feita pela reação de dois compostos orgânicos, fenol e formaldeído. Inicialmente, pelo menos, o plástico era usado em todo tipo de produto, de rádios a bolas de sinuca. O Bakelite Museum em Somerset, na Inglaterra, chega a se gabar de um caixa de baquelite. Trata-se de um material termofixo, ou seja, uma vez fixo, não pode ser remodelado por aquecimento.

“O material de mil utilidades.”

Slogan da companhia Bakelite

No espaço de poucas décadas, uma série inteira de outros plásticos, inclusive diversos remodeláveis (termoplásticos), se tornaram disponíveis. Durante algum tempo, pensou-se que esses materiais novos e duráveis resultassem da aproximação e apertada de moléculas de cadeia curta, mas, durante os anos 1920, o químico alemão Hermann Staudinger apresentou o conceito de “macromoléculas” e propôs que plásticos eram, na verdade, feitos de longas cadeias de polímeros (ver página 20).

A Era do Plástico Nos anos 1950, o saco de polietileno – o mais presente produto da idade do plástico – entrou em cena. A Era do Plástico estava a pleno vapor. Logo batatas fritas e outros itens alimentícios estavam

linha do tempo

3500 a.C.

A carapaça de tartaruga (“plástico natural”) é usada pelos egípcios para fazer pentas e pulseiras.

1900

Reconhecimento de polímeros.

1907

Começa a Era do Plástico com a baquelita, o primeiro plástico inteiramente sintético.

1922

Hermann Staudinger propõe o conceito de macromoléculas.

sendo vendidas em pacotes de plástico, significando que as compras de uma semana inteira poderiam ser trazidas para casa engalanadas em plástico.

O processo para fabricar polietileno foi revelado em uma descoberta acidental por cientistas britânicos na ICI (Imperial Chemical Industries), em 1931. Envolvia o aquecimento do gás etileno (também conhecido como eteno) em alta pressão para produzir o que alternativamente é chamado de polietileno, um polímero do etileno. O eteno é um produto do craqueamento químico de óleo cru (ver página 62), de modo que a maior parte do polietileno tem origem na indústria do petróleo. Entretanto, o etileno – e, portanto, o polietileno – pode também ser feito usando-se recursos renováveis, por exemplo, por meio de uma conversão química do álcool produzido de plantas como a cana-de-açúcar.

A maioria dos sacos de polietileno é feita de polietileno de baixa densidade (LDPE), produzido em alta pressão, como no processo ICI. As cadeias do polímero no LDPE são retas, enquanto o polietileno de alta densidade (HDPE), que é produzido à baixa pressão, contém moléculas ramificadas que formam um material mais rígido.

As armadilhas da durabilidade Para começar, não se havia pensado muito nas implicações ambientais da escalada na produção de plásticos. Afinal, os plásticos eram inertes quimicamente: eles duravam muito tempo

Plásticos naturais

Materiais naturais que se comportam um pouco como plásticos são algumas vezes chamados de plásticos naturais. Por exemplo, chifre animal e carapaça de tartaruga (as carapaças de tartarugas marinhas) podem, como os plásticos, ser aquecidas e moldadas no feito desejado. De fato, esses materiais não são realmente o que pensaríamos de plásticos. Eles são compostos principalmente de uma proteína chamada queratina – a mesma proteína encontrada em nossos cabelos e unhas. Como um plástico, no entanto, a queratina é um polímero contendo muitas unidades repetidas. Como agora é ilegal o comércio de muitos desses materiais, a carapaça de tartaruga que era usada para fazer pentes e outros ornamentos para cabelo foi substituída quase inteiramente pelos plásticos sintéticos. A primeira imitação de carapaça de tartaruga foi o celuloide, um material semisintético inventado em 1870, que também funcionava como substituto útil para o marfim usado para fazer bolas de sinuca. O celuloide tendia a pegar fogo muito rapidamente – tanto que, de fato, foi logo substituído pela ligeiramente menos inflamável “celuloide de segurança”. Hoje, plásticos mais novos, como o poliéster, são usados como substitutos da carapaça de tartaruga.

1931

Descoberta acidental do polietileno (politeno)

1937

Produção comercial do poliestireno

1940

Começa a produção de PVC no Reino Unido

1950

Sacos de polietileno

2009

O avião Boeing 787 é feito com 80% de plástico

e não pareciam reagir com qualquer coisa no ambiente. Entretanto, essa atitude levou ao crescimento dos volumes de lixo plástico descartados em aterros sanitários, bem como nos oceanos. No oceano do Pacífico Norte, há um "vórtice de lixo" em rotação de tamanho incomensurável, composto principalmente de plástico. Pensa-se que cada quilômetro quadrado de água nessa área contém por volta de três quartos de um milhão de pedaços de microplásticos, pequenas partículas de plástico que os peixes podem confundir com plâncton.

Muitos plásticos não são biodegradáveis, quebrando-se ao longo do tempo em pedaços menores, ou microplásticos. No solo, esses microplásticos podem bloquear os intestinos de aves e mamíferos. Relativamente, o polietileno é o plástico menos biodegradável que existe. O "polietileno verde", feito de cana-de-açúcar, é a mesma coisa (ver "Bioplástico", na página seguinte). Entretanto, opiniões sobre biodegradação entre químicos e microbiologistas estão agora mudando ligeiramente.

Micróbios que comem plástico O motivo pelo qual o polietileno permanece no ambiente é que ele não é quebrado por micróbios. Isso se deve ao fato de sua estrutura, composta inteiramente de cadeias de carbono e hidrogênio, não conter qualquer dos grupos químicos que esses organismos microscópicos gostam de utilizar. Os micróbios se ligam a grupos contendo oxigênio, como a carbonila (C=O). A oxidação, usando calor e catalisadores – ou até a luz do sol via foto-oxidação –, é um dos meios de se converter polietileno em uma forma que os bichos têm maior capacidade de digerir. Mas outra opção é simplesmente procurar bichos específicos que não se incomodem tanto com as partes oxidadas.

Os microbiologistas descobriram agora bactérias e fungos que fabricam enzimas capazes de degradar ou "comer" plásticos. Alguns podem de fato crescer em filmes na superfície do polietileno, usando-o como uma fonte de carbono para as reações metabólicas. Em 2013, cientistas indianos relataram que tinham encontrado três espécies diferentes de bactérias marinhas no Mar da Arábia, as quais conseguiam degradar polietileno antes que ele oxidasse. A melhor delas era uma subespécie de *Bacillus subtilis*, um microorganismo comumente encontrado no solo e no intestino humano. Enquanto isso, a nação Índia sozinha continua a consumir 12 milhões de toneladas de produtos plásticos todos os anos, e gerar dezenas de milhares de toneladas de lixo por dia.

O porquê de geralmente os pacotes de batatas fritas não poderem ser reciclados, no entanto, é que eles contêm uma camada de metal, para garantir o frescor, que mantém o oxigênio do lado de fora. A não ser que você mesmo retalhe os pacotes e os transforme em roupas de marca inovadoras, você terá de mandá-los para o aterro sanitário. Entretanto, o plástico mais usado em

Bioplásticos

O termo "bioplásticos" confunde. Algumas vezes quer dizer plásticos feitos de materiais renováveis, como celulose de plantas – mais precisamente chamadas plásticos com base biológica; outras vezes significam plásticos biodegradáveis. Poli(ácido láctico) (PLA) é feito de material de planta e é biodegradável. Entretanto, nem todos os plásticos com base biológica são biodegradáveis. O polietileno pode ser feito de materiais de plantas, mas é extremamente resistente à biodegradação.



pacotes de batatas fritas é o polipropileno; em 1993, químicos italianos descobriram ser possível fazer com que bactérias crescessem no polipropileno acrescentando lactato de sódio e glicose. Teoricamente, talvez pudéssemos fazer com que os micróbios comessem nossos pacotes de batatas fritas, além de outros lixos plásticos. Mas o maior impacto sobre o lixo poderia se dar com a simples redução da quantidade de embalagens plásticas que usamos.

**A ideia condensada:
Polímeros multiuso
causam um problema
de poluição**

44 Drogas

Como os químicos decidem fazer uma droga? De onde vem a ideia, como é transformada num composto ou mistura química funcional? Muitos dos produtos da indústria farmacêutica são baseados em substâncias químicas naturais, enquanto outros são os *hits* gerados pela triagem de milhares ou milhões de compostos diferentes em busca daqueles que executam a tarefa exigida.

Há inúmeros tipos diferentes de drogas. Há o tipo de droga que o médico receita. Há o tipo de droga fornecida por personagens obscuras em becos urbanos. Há as drogas que matam. Drogas que curam. As que causam euforia. As que deprimem. Há drogas que vêm de cogumelos, caracóis venenosos, papoulas e casca de salgueiro. Há drogas completamente sintéticas, projetadas e fabricadas por químicos. E então há as drogas únicas baseadas em compostos encontrados em esponjas do mar, que surgem em meio milhão de formas químicas diferentes, exigem 62 etapas químicas distintas para serem feitas e são usadas para tratar câncer de mama avançado.

Tudo ao mar No início dos anos 1980, pesquisadores japoneses nas universidades de Meijo e Shizuoka coletavam amostras de esponjas na Península de Miura, ao sul de Tóquio. Esponjas são animais aquáticos – colônias contendo centenas ou milhares de indivíduos que parecem mais com plantas ou cogumelos. Um animal em particular – uma esponja preta da qual os pesquisadores tinham coletado 600 quilos para fazer experiências – produziu um composto que lhes despertou o interesse. Em 1986, eles anunciaram em um periódico químico que esse composto “exibia notável... atividade antitumoral”.

No passado, teria havido muito poucas opções para aproveitar o poder de um composto desses, além de coletar ainda maior quantidade de esponjas do mar. E foi isso, pelo menos inicialmente, que as pessoas tentaram fazer. Depois que se soube da outra esponja no mar profundo, mais comum, que

linha do tempo

1806

A morfina é isolada do ópio das papoulas

1928

Descoberta da penicilina

1942

Parente de arena química, o gás mostarda é usado como a primeira quimioterapia contra o câncer

1963

Lançamento da benzodiazepina (tranquilizante)

produzia a mesma substância química que derrotava o câncer, o National Cancer Institute (NCI), nos Estados Unidos, e o National Institute of Water and Atmospheric Research, na Nova Zelândia, financiaram um projeto de meio milhão de dólares para retirar uma tonelada do animal do fundo do mar, no litoral da Nova Zelândia. Isso rendeu menos de meio grama do composto que buscavam – halicondrina B.

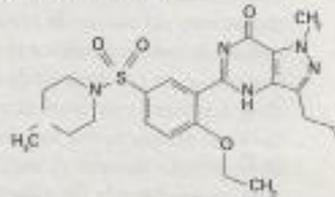
Pior ainda, parecia praticamente impossível copiar a halicondrina B usando estratégias sintéticas. Era uma molécula grande, complexa, com bilhões de formas diferentes – estereoisômeros (ver página 139), em que os mesmos átomos estão ligados uns aos outros, mas com alguns dos grupamentos químicos em orientações diferentes.

Na biblioteca Com a chegada dos anos 1990, os químicos tinham acertado numa nova estratégia para a fabricação de drogas. Em vez de se fiarem em biossínteses naturais (ver página 146) ou longas sínteses químicas sinuosas (ver página 66) de uma molécula específica, eles estavam gerando “bibliotecas” inteiras de moléculas diferentes e fazendo a triagem de todas elas em busca de atividades interessantes. Esse método pode ser útil se você quiser, digamos, uma molécula para mirar um receptor específico em uma célula (ver “Alvo Fácil!”, na página 180). Com o uso de uma biblioteca química, você pode realizar o mesmo teste em inúmeras

Viagra

Sildenafil, mais conhecido como Viagra, é uma droga descrita como “inibidora de fosfodiesterase tipo 5” – ela impede que uma enzima chamada fosfodiesterase tipo 5 (PDE5) funcione como de costuma. Nos anos 1980, cientistas da Pfizer já sabiam que a PDE5 era responsável por quebrar uma substância química que provoca o relaxamento dos músculos nos vasos sanguíneos. O Viagra funciona ao impedir que a PDE5 degrade essa substância química, permitindo que o sangue corra para os vasos sanguíneos relaxados. A equipe da Pfizer estava, originalmente, trabalhando num tratamento para doença cardíaca. Em 1992, eles começaram a testar sildenafil em pacientes cardíacos. Duas coisas logo se tornaram aparentes: primeiro, a droga não era especialmente útil para tratar pressão arterial ou angina; e segundo, tinha alguns efeitos colaterais pouco comuns em pacientes do sexo masculino.

Molécula de Viagra



1972

Descoberta da fluoxetina (Prozac)

1987

Primeira estatina, lovastatina, disponível para prescrição

1998

Lançamento do Viagra

2006

Vendas de Lipitor, droga redutora de colesterol da Pfizer, atingem o pico de 13,7 bilhões de dólares

Não fácil?

A maior parte das drogas que mais vendem são substâncias químicas que miram em receptores na superfície da célula, como, por exemplo, os GPCRs – receptores de proteínas acopladas. Os GPCRs são um grupo imenso de receptores que ficam na membrana das células, onde eles passam adiante mensagens químicas. Mais de um terço das drogas prescritas – inclusive Zantac, para indigestão, e Zyprexa, para esquizofrenia – assestam em GPCRs. É por isso que os desenvolvedores de drogas continuam a fazer a triagem de milhares de drogas potenciais de cada vez, procurando qualquer uma que possa atingir GPCRs.

moléculas diferentes e produzir uma lista das que apontam para aquele receptor. Agora você tem uma lista mais curta e pode estudar cada molécula com mais cuidado.

Enquanto isso, uma rota química para a síntese da halicondrina B acabou sendo publicada, mas era tediosa e ainda assim não produzia o composto em quantidade suficiente. Uma companhia japonesa chamada Eisai Pharmaceuticals começou a produzir em larga escala compostos um tanto parecidos com halicondrina B, mas menos complexos, para ver se encontrava um que funcionasse com a mesma eficácia. A intenção era que tais compostos fossem análogos, no sentido de que o modo de

ação deveria ser o mesmo, ainda que suas estruturas fossem diferentes. Os cientistas da Eisai sabiam, a partir do trabalho do NCI, que o composto original agia sobre a tubulina, uma proteína que mantém unida a estrutura das células e que é necessária para o crescimento do câncer. Qualquer análogo eficaz teria de acertar a mesma proteína.

Embora esse método pudesse ser um tanto fora de moda, funcionou. Eles encontraram a eribulina, um produto que agora já está licenciado para o tratamento do câncer de mama avançado, mesmo que tenha mais de meio milhão de estereoisômeros possíveis e requiera 62 etapas para ser fabricado. Inspirar-se na natureza ainda é o melhor meio de ter sucesso no negócio das drogas, porque a natureza já fez a maior parte do trabalho. Cerca de 64% de todas as drogas novas licenciadas entre 1981 e 2010 tiveram algum tipo de inspiração natural. A maior parte é extraída de organismos vivos, modelada ou modificada de substâncias químicas fabricadas por organismos vivos, ou projetadas especificamente para interagir com moléculas específicas em organismos vivos. Algumas vezes é necessário apenas um pouco (ou muito) de química inteligente para dar bom uso a essa inspiração.

Drogas projetadas Mesmo assim, há muitas drogas bem-sucedidas que têm outras origens. Tome o exemplo do Viagra (ver “Viagra”, página 179), uma droga que não deu certo para pressão arterial e que se tornou o medicamento mais rapidamente vendido de todos os tempos. Mas se você precisa de um ponto de partida para começar a procurar, os lugares óbvios são frequentemente as moléculas naturais responsáveis pela doença. Elas podem ser partículas de vírus ou moléculas disfuncionais no corpo humano pro-

primente dito. Se você estiver buscando uma droga para fazer uma tarefa específica, uma estratégia potencial é o "projeto racional". Por meio de técnicas como a cristalografia de raios-X (ver página 90) é possível reunir informações suficientes a respeito de uma molécula da doença para projetar moléculas de drogas que possam interagir com ela, talvez a impedindo de prejudicar o corpo. Parte do trabalho inicial pode ser feito em simulações no computador, antes mesmo que a molécula da droga candidata tenha chegado ao laboratório.

O projeto racional é uma estratégia que os químicos estão agora empregando para lidar com um dos maiores problemas encontrados atualmente pela indústria farmacêutica: a resistência a drogas. Enquanto os micróbios e os vírus se adaptam com uma velocidade assustadora para fugir de nossas armas químicas, a única maneira de mantê-los afastados será criar novos meios de ataque – categorias de drogas inteiramente novas. Nesse meio-tempo, outra fronteira da química é projetar moléculas que possam liberar essas drogas em partes específicas do corpo – apenas um aspecto da nova ciência da nanotecnologia.

“Esperamos que químicos orgânicos inovadores e entusiasmados não deixem passar a vantagem inicial única que os produtos naturais oferecem na busca por novos agentes e novas direções na descoberta medicinal.”

Rebecca Wilson e Samuel Danishefsky,
escritores de *Accounts of Chemical Research*

**A ideia condensada:
Rotas naturais e
sintéticas para
substâncias químicas
que derrotam doenças**

