



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso

João Bueno Nunes

Orientador: Roberto Ribeiro da Silva

**A ANÁLISE DIMENSIONAL NAS OBRAS APROVADAS
PELO PNLD 2018**

Brasília

2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por sempre me ajudar e dar forças para seguir em frente em tudo que acreditei.

Ao meu orientador Professor Roberto Ribeiro da Silva, por todos os ensinamentos passados e toda paciência durante a realização do presente trabalho.

A minha mãe Roberta Elisa, meu pai Marcus Vinícius, e irmão Pedro, pela paciência (principalmente nos últimos anos de graduação), por todo amor dado durante toda minha vida e por sempre acreditar em mim.

A minha avó Vitória Helena, por todo amor, atenção e xícaras de café.

A minha namorada Maria Paula, por todo amor, carinho e companheirismo.

E a todos os meus amigos e colegas de curso que fizeram a diferença nesses 5 anos de graduação, por todo o crescimento e amadurecimento.

SUMÁRIO

Introdução.....	4
Capítulo 1 – A importância do livro didático.....	5
Capítulo 2 – História das unidades de medida.....	16
Capítulo 3 – O método da análise dimensional.....	25
Metodologia.....	29
Resultados.....	30
Considerações Finais.....	42
Referências Bibliográficas.....	44

Introdução

No ensino de Química o professor conta com diversos recursos didáticos que o auxiliam no processo de ensino-aprendizagem. Os livros apresentam os principais temas a respeito da Química, contendo diferentes abordagens como a experimentação, a contextualização histórica, a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, entre outras. No entanto, é necessário saber utilizar o livro didático pois a má utilização pode fazer com que o ensino seja dominado por esse recurso. Além disso a escolha do livro é essencial e deve ser feita sob uma análise que leve em conta a apresentação do conteúdo de uma maneira que favoreça a formação do aluno.

No Brasil, a utilização dos livros didáticos nas escolas públicas é organizada por planos nacionais (PNLD e PNLEM) que buscam avaliar as obras em relação a critérios que favoreçam a formação de um cidadão consciente. Dentre os parâmetros de avaliação, estão itens que reprovam obras que desrespeitem os direitos humanos, incentivem práticas prejudiciais ao meio ambiente e possuam doutrinações religiosas, políticas e/ou ideológicas.

Verifica-se, no entanto, que a educação brasileira caminha para um rumo tecnicista decorrente da valorização dos exames de ingresso às universidades. As aprendizagens mecânicas como a memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizada, são prejudiciais para a formação do aluno, não sendo eficazes a longo prazo.

O objetivo do presente trabalho é apresentar o método da análise dimensional como uma alternativa às “regras de três”, e analisar sua presença nos livros didáticos aprovados no Plano Nacional do Livro Didático de 2018. Entende-se que a utilização do método apresentado vai contra as abordagens metodológicas que visam a memorização e os “macetes”, pois fornece ao aluno o entendimento das conversões realizadas. Além disso, o trabalho busca enfatizar a importância das corretas representações das medidas e dos Algarismos Significativos, visto que ambos são essenciais para a utilização do método

Capítulo 1

A Importância do livro didático no ensino de química

Dentre as diversas ferramentas que podem auxiliar o professor no processo de ensino-aprendizagem, uma das mais consolidadas é o livro didático. A compilação de conceitos, métodos e informações norteiam o docente no processo de ensinar e o ajuda a ser eficaz em seu objetivo. Porém, assim como uma ferramenta mecânica necessita de um operador para exercer sua função, o livro didático necessita de seu professor para saber “operá-lo”. É necessário portanto ter conhecimento de que tal ferramenta auxilia em questões clássicas da Química, como a experimentação, história da ciência e a contextualização mas não deve dominar a prática do professor. Durante a capacitação do docente, os cursos de formação devem não apenas ensiná-lo a trabalhar com esse recurso, mas também a realizar uma análise crítica de seu conteúdo.

Histórico

Em relação à história dos livros didáticos no Brasil, Freitag, Motta e Costa (1987)¹, citado por Echeverría, Mello e Gauche (2010) destacam que os primeiros esforços governamentais de assegurar o desenvolvimento da ferramenta no país aparecem nas criações do Instituto Nacional do Livro (INL) e da Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), em 1937. Mais tarde, durante a ditadura militar, acordos com os Estados Unidos buscavam disponibilizar gratuitamente livros para estudantes brasileiros, além de cursos para a formação de docentes. No entanto, tal convênio influenciava a função ideológica do livro didático demonstrando um interesse americano em controlar o sistema educacional nacional por meio do mercado de livros didáticos. A Colted (Comissão do Livro Técnico e do Livro Didático, responsável por tal convênio) se extingue em 1971 deixando a Fundação Nacional de Material Escolar (Fename) responsável por tal material didático.

Em 1983 com a criação de programas centralizadores das condições de ensino na rede pública, a escolha do livro didático passou a ser feita pelo professor, levando a uma busca pelos motivos de um certo livro ser escolhido. Assim, Freitag, Motta e Costa (1987)¹, ainda citado por Echeverría, Mello e Gauche (2010) apresentam que fatores como indicação, envio gratuito e aspectos gráficos dominam a escolha e demonstram comodismo por parte do docente, deixando de lado uma avaliação mais profunda e crítica do conteúdo do material. Baseado nisso, a

¹ FREITAG, B.; MOTTA, V.; COSTA, W. O estado da arte do livro didático no Brasil. Brasília: Inep, 1987

centralização do livro didático em sala de aula torna o mesmo referência absoluta ao aluno e professor, tendo seu conteúdo passado de forma acrítica. Já Cassab e Martins (2003)², também citado por Echeverría, Mello e Gauche (2010) entendem que o sentido a tal material é atribuído por meio da própria visão de ensino-aprendizagem dos professores, e como eles enxergam os elementos ativos na sala de aula (aluno, professor, etc.). Isso demonstra novamente a necessidade de investimento na formação à docência, especialmente na área de análise crítica dos materiais didáticos.

Atualmente o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) é o responsável por reger tais materiais, pois apresenta a análise dos livros submetidos. Ele é fruto da unificação dos programas anteriores (PNLEM) que, além de analisar os livros, buscavam distribuí-los em toda a rede pública na tentativa de auxiliar o docente. Na prática porém, o professor ficava limitado a escolha nacional do livro, tirando sua liberdade de escolher o material que mais se adequava a sua metodologia. Assim, o PNLD cria condições para essa seleção além de estimular o abandono dos livros “fáceis de trabalhar”, que na maioria das vezes, não desenvolviam um pensamento crítico nos alunos e encorajavam o professor a segui-lo como um roteiro.

Os Planos Nacionais do Livro Didático e Planos Nacionais do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLD e PNLEM)

Segundo o PNLD 2012 (BRASIL, 2011;2014), em meados dos anos 70 a influência de cursos preparatórios para processos seletivos motivou a produção de materiais didáticos que buscassem apresentar os conceitos de forma sintética, com excesso de exercícios retirados de vestibulares e macetes que auxiliassem a resolução de tais problemas. Essas “apostilas de cursinho”, como eram chamadas, foram então responsáveis por conceber livros didáticos com tais características, e definiram as bases para o currículo de Química a ser aperfeiçoado no Ensino Médio.

No entanto, o surgimento e crescimento das pesquisas na área de ensino de Química contradiz tal movimento e estimula a realização de encontros e congressos na área. Isso revelou um esforço coletivo para melhorar a produção de materiais didáticos e provocou a variedade de propostas na produção de livros que marca não só o mercado universitário como também o da educação básica.

² CASSAB, M; MARTINS, I. A escolha do livro didático em questão. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 4., 2003. Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2003

Em 2004, pela resolução nº 38 do FNDE, as disciplinas do ensino médio são incorporadas à distribuição de livros através do PNLEM, sendo avaliadas entre 2005 e 2006.

Em relação à constituição da disciplina no âmbito da educação básica, o PNLD 2012 (BRASIL, 2011;2014) considera que a articulação entre os níveis de conhecimento empírico, teórico e representacional é essencial para abordar conteúdos importantes como o estudo dos materiais, suas transformações e as trocas energéticas envolvidas, além de modelos teóricos do nível submicroscópico. Além disso a articulação dos princípios de *identidade* e *processo* devem ser mediados didaticamente para que se torne conhecimento escolar, e possibilite o conhecimento da estrutura da Química.

Na seção “por que ler o Guia?” do PNLD 2018, é explicitada a importância do entendimento do processo avaliativo para que o professor escolha o livro que melhor se adeque à sua metodologia:

A leitura deste Guia poderá auxiliá-lo/la a compreender o mecanismo adotado na avaliação das obras de Química e seus critérios, de modo a dar visibilidade aos princípios que nortearam este intenso processo. Nele também são apresentadas a estrutura das resenhas das obras aprovadas, incluindo uma visão geral, uma descrição sucinta de cada obra, a perspectiva da análise realizada e sugestões para os professores e professoras desenvolverem a Química escolar a partir do trabalho com uma das obras selecionadas. (BRASIL, 2017)

Avaliação dos livros didáticos

A avaliação dos livros no atual PNLD é baseada em princípios e critérios de avaliação que consideram a Química como um conjunto de conhecimentos, práticas e habilidades. Além disso a conformidade com a legislação, diretrizes e normas do Ensino Médio também é avaliada. Os critérios de avaliação estão apresentados a seguir, em um total de 48:

- 1 - atende as normas do acordo ortográfico da língua portuguesa.
- 2 - é isenta de identificação de autoria, nome da coleção e/ou da editora nos volumes impressos.
- 3 - adequa sua estrutura editorial e do projeto gráfico a seus objetivos didáticos-pedagógicos.
- 4 - apresenta legibilidade gráfica adequada para o nível de escolaridade visado (desenho, tamanho e espaçamento de letra, palavras e linhas, títulos e subtítulos hierarquizados, formato, dimensões e disposição dos textos na página).
- 5 - respeita a legislação, as diretrizes e as normas oficiais relativas ao Ensino Médio.

- 6 - promove a construção de conhecimentos socialmente relevantes, tanto para participação cidadã na vida pública, quanto para a inserção no mundo do trabalho e no prosseguimento dos estudos.
- 7 - observa os princípios éticos e democráticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano.
- 8 - promove positivamente a imagem da mulher, considerando sua participação na produção do conhecimento químico, reforçando sua visibilidade e protagonismo social.
- 9 - aborda a temática de gênero e possibilita a construção de uma sociedade não sexista, justa e igualitária, inclusive no que diz respeito ao combate à homo e transfobia.
- 10 - é isenta de estereótipos e preconceitos de condição socioeconômica, regional, étnico-racial, de gênero, de orientação sexual, de idade, de linguagem, religioso, condição de deficiência, assim como qualquer outra forma de discriminação ou de violação dos direitos humanos.
- 11 - é livre de doutrinação religiosa, política e/ou ideológica, desrespeitando o caráter laico e autônomo do ensino público.
- 12 - promove a educação e cultura em direitos humanos, afirmando os direitos da criança e adolescentes, bem como o conhecimento e vivência dos princípios afirmados no Estatuto do idoso.
- 13 - incentiva a ação pedagógica voltada para o respeito e valorização da diversidade, promovendo positivamente a imagem de afrodescendentes e dos povos do campo.
- 14 - aborda a temática das relações étnico-raciais, do preconceito, da discriminação racial, promovendo positivamente a cultura e afro-brasileira e dos povos indígenas.
- 15 - é isenta de publicidade ou de difusão de marcas, produtos e serviços comerciais.
- 16 - situa os conceitos químicos em diferentes contextos e/ou situações da vivência cotidiana.
- 17 - articula os códigos da química com o campo teórico e com o campo empírico dos fenômenos.
- 18 - apresenta a Química como ciência de natureza humana marcada pelo caráter provisório, enfatizando as limitações de cada modelo explicativo, por meio da exposição de suas diferentes possibilidades de aplicação.
- 19 - aborda a dimensão ambiental dos problemas contemporâneos, levando em conta não somente situações e conceitos que envolvem as transformações da matéria e os artefatos tecnológicos em si, mas, também os processos humanos subjacentes aos modos de produção do mundo do trabalho
- 20 - apresenta o conhecimento químico de forma contextualizada, considerando dimensões sociais, econômicas e culturais da vida humana em detrimento de visões simplistas acerca do cotidiano estritamente voltadas à menção de exemplos ilustrativos genéricos que não podem ser considerados significativos enquanto vivência.
- 21 - é isenta de discursos maniqueístas a respeito da química, calcados em crenças de que essa ciência é permanentemente responsável pelas catástrofes ambientais, fenômenos de poluição, bem como pela artificialidade de produtos, principalmente aqueles relacionados com alimentação e remédios.
- 22 - articula os conteúdos com outros componentes curriculares, tanto na área das Ciências da Natureza quanto com outras áreas, marcando uma perspectiva interdisciplinar na proposição de temas, de questões de estudo e de atividades.

- 23 - aborda noções e conceitos sobre propriedades das substâncias e dos materiais, sua caracterização, aspectos energéticos e dinâmicos, bem como os modelos de constituição da matéria a eles relacionados.
- 24 - apresenta de modo correto, contextualizado e atualizado conceitos, princípios, informações e procedimentos químicos.
- 25 - contempla a abrangência teórico-conceitual da química (história da ciência, CTSA, experimentação, etc).
- 26 - apresenta pertinência educacional no cenário da diversidade sociocultural brasileira.
- 27 - estimula o estudante para desenvolver habilidades de comunicação científica, inclusive de forma oral, proporcionando oportunidades de leitura e de produção de textos diversificados.
- 28 - possui coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica assumida pela obra no que diz respeito à proposta didático-pedagógica explicitada e aos objetivos visados.
- 29 - está ordenada em torno de uma proposta pedagógica única e de uma progressão didática articulada com o componente curricular do Ensino Médio.
- 30 - favorece a perspectiva interdisciplinar na abordagem dos conteúdos, incluindo referências a interfaces pedagógicas entre áreas afins e com outras áreas do conhecimento.
- 31 - valoriza a construção do conhecimento químico a partir de uma linguagem constituída por representações e símbolos especificamente significativos para essa ciência e que necessitam ser mediados na relação pedagógica.
- 32 - valoriza em suas atividades a necessidade de leitura e compreensão de representações nas suas diferentes formas, equações químicas, gráficos, esquemas e figuras a partir do conteúdo apresentado.
- 33 - rompe com uma abordagem metodológica baseada em atividades didáticas que enfatizam exclusivamente aprendizagens mecânicas, com a mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizadas.
- 34 - apresenta experimentos adequados à realidade escolar, previamente testados e com periculosidade controlada, ressaltando a necessidade de alertas acerca dos cuidados específicos necessários para cada procedimento, indicando o modo correto para o descarte dos resíduos produzidos em cada experimento.
- 35 - apresenta, em suas atividades, uma visão de experimentação que se alinha com uma perspectiva investigativa, que contribua para que os jovens pensem a ciência como campo de construção de conhecimento permeado por teoria e observação, pensamento e linguagem.
- 36 - favorece a apresentação de situações-problema que fomentem a compreensão dos fenômenos, bem como a construção de argumentações que favoreçam tomadas de decisão no exercício da cidadania.
- 37 - explicita os objetivos da proposta didático-pedagógica efetivada pela obra e os pressupostos teórico-metodológico por ela assumidos.
- 38 - descreve a organização geral da obra, tanto no conjunto dos volumes quanto na estruturação interna de cada um deles.
- 39 - indica ações para o uso adequado dos livros, inclusive no que se refere às estratégias e aos recursos de ensino a serem empregados.

40 - indica as possibilidades de trabalho interdisciplinar na escola, oferecendo orientação teórico metodológica e formas de articulação dos conteúdos do livro entre si e com outros componentes curriculares e áreas do conhecimento.

41 - discute diferentes formas, possibilidades, recursos e instrumentos de avaliação que o professor poderá utilizar ao longo do processo ensino e aprendizagem.

42 - propicia a reflexão sobre a prática docente, favorecendo sua análise por parte do professor e sua interação com os demais profissionais da escola.

43 - apresenta textos de aprofundamento e propostas de atividades complementares às do livro do estudante.

44 - apresenta claramente os pressupostos teórico metodológicos de sua proposta didática, com detalhamento dos princípios que a norteiam e sua evidente concretização nos textos, imagens, atividades, experimentos e projetos de ensino de Química, que são apresentados no Livro do Estudante.

45 - apresenta o componente curricular química, em suas orientações pedagógicas para o professor, no contexto da área das Ciências da Natureza, ressaltando as relações e congruências com noções, conceitos e situações também abordadas em outros componentes curriculares do Ensino Médio.

46 - apresenta uma proposta pedagógica que compreende o papel mediador do professor de química, assumindo sua especificidade e a condução das atividades didáticas numa perspectiva de rompimento com visões de ciência meramente empiristas e indutivistas.

47 - oferece diferentes possibilidades de leitura de literatura de ensino de Química, ao professor, com problematizações a respeito do processo ensino e aprendizagem, bem como sugestões de atividades pedagógicas complementares.

48 - explicita, em relação à experimentação, alertas claros sobre a periculosidade dos procedimentos propostos, bem como oferece alternativas na escolha dos materiais para os experimentos. É necessário, também, que haja proposta de atividades experimentais complementares (BRASIL 2017).

Sobre a organização dos conteúdos nos livros didáticos 3 eixos podem ser destacados como norteadores do ensino da Química: a experimentação, abordagem CTS e a história da ciência. Através deles é possível manter a coerência em relação a prática da Ciência e como ela deve ser ensinada.

Experimentação

Como exposto por Silva, Machado e Tunes (2010), a experimentação no ensino de Química no Brasil começa com uma abordagem utilitarista, buscando aplicar a teoria em atividades industriais nas décadas finais do século XIX. Posteriormente, ao longo do século XX, projetos e ações no ensino de ciências procuraram inserir a atividade experimental no processo de ensino-aprendizagem, utilizando o professor apenas como um mediador na ressignificação dos conceitos por parte dos alunos. Atualmente esses esforços se resumem ao PNLD, avaliando os materiais didáticos, e cursos de especialização para professores.

Segundo os mesmos autores, a relação teoria-experimento pode ser extremamente enriquecedora se for trabalhada com uma visão investigativa. Explorando e testando as capacidades de previsão e generalização das teorias, o professor pode realizar um experimento simples que estimulará o aluno a desenvolver seu pensamento científico. No entanto, a visão mais comum apresentada pelos professores em relação à essa atividade, é a de concretização de fórmulas e cálculos com a finalidade de facilitar a memorização. Além disso, outras crenças comumente compartilhadas pelos docentes dificultam a prática, como a falta de laboratórios, falta de tempo, difícil logística na locomoção dos alunos, entre outras.

No PNLD 2018 a experimentação é avaliada com base na articulação entre os três níveis do conhecimento, além dos itens da ficha de avaliação composta de seis blocos. Entre esses, destaco os seguintes:

- apresenta experimentos adequados à realidade escolar, previamente testados e com periculosidade controlada, ressaltando a necessidade de alertas acerca dos cuidados específicos necessários para cada procedimento, indicando o modo correto para o descarte dos resíduos produzidos em cada experimento.

- apresenta, em suas atividades, uma visão de experimentação que se alinha com uma perspectiva investigativa, que contribua para que os jovens pensem a ciência como campo de construção de conhecimento permeado por teoria e observação, pensamento e linguagem.

- explicita, em relação à experimentação, alertas claros sobre a periculosidade dos procedimentos propostos, bem como oferece alternativas na escolha dos materiais para os experimentos. É necessário, também, que haja proposta de atividades experimentais complementares (BRASIL, 2017, p.18).

Abordagem CTS

Como apresentado por BYBEE (1987)³, citado por SANTOS e MORTIMER (2002), a educação CTS consiste em abordagens investigativas, conceitos científicos e interações entre ciência, tecnologia e sociedade. Sobre ciência, os autores argumentam que a visão apresentada pelo CTS é a contrária ao mito do cientificismo, defendendo a prática científica como aberta e passível de contínua transformação. Em relação à tecnologia, eles entendem que a educação

³ BYBEE, R. W. (1987). Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, v. 71, n. 5, p.667-683.

tecnológica não se resume à instrumentação, pois isso contribuiria para a perpetuação da dominação do tecnicismo. Já à respeito da sociedade, acreditam que se deve demonstrar o impacto que os alunos podem ter como cidadãos além de abordar aspectos políticos e econômicos que influenciam as decisões que dizem respeito à ciência e tecnologia.

O PNLD enfatiza a necessidade de trabalhar a abordagem CTS nos livros didáticos destacando o caráter provisório e limitado da ciência, os impactos ambientais gerados pela produção tecnológica, além da interdisciplinaridade e contextualização do conteúdo. Alguns dos critérios envolvidos são destacados à seguir:

- situa os conceitos químicos em diferentes contextos e/ou situações da vivência cotidiana.
- aborda a dimensão ambiental dos problemas contemporâneos, levando em conta não somente situações e conceitos que envolvem as transformações da matéria e os artefatos tecnológicos em si, mas, também os processos humanos subjacentes aos modos de produção do mundo do trabalho.
- apresenta a Química como ciência de natureza humana marcada pelo caráter provisório, enfatizando as limitações de cada modelo explicativo, por meio da exposição de suas diferentes possibilidades de aplicação.
- apresenta o conhecimento químico de forma contextualizada, considerando dimensões sociais, econômicas e culturais da vida humana em detrimento de visões simplistas acerca do cotidiano estritamente voltadas à menção de exemplos ilustrativos genéricos que não podem ser considerados significativos enquanto vivência.
- é isenta de discursos maniqueístas a respeito da química, calcados em crenças de que essa ciência é permanentemente responsável pelas catástrofes ambientais, fenômenos de poluição, bem como pela artificialidade de produtos, principalmente aqueles relacionados com alimentação e remédios (BRASIL, 2017).

História da ciência

Outro aspecto essencial a ser abordado em livros didáticos é a história da ciência. Assim como exposto por BRASIL (2015)⁴, citado por BALDINATO e PORTO (2015):

⁴ BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documento/BNCC-APRESENTACAO.pdf>>.

É importante que essa formação possibilite conhecer como a Química foi se consolidando como ciência, com seus métodos, modelos e teorias. Isso permite a compreensão da dinâmica da geração do conhecimento, com seus avanços, disputas e erros, e a influência de contextos sociais nesse processo de construção humana. [...] O ensino da Química, com esses pressupostos, envolve a contextualização sociocultural dos conhecimentos [...]. Envolve, também, a contextualização sócio-histórica [...].

Propiciar uma análise histórica no ensino de ciências coopera para a superação de visões distorcidas e esterotipadas da ciência, não demonstrando a ciência como uma atividade humana, com tantos acertos quanto erros, a influência dos contextos histórico, social e econômico, e a utilização de conhecimentos prévios (PITANGA et al 2013).

Pitanga et al (2013) também citam que histórias anedóticas, linearidade, consensualidade e falta de abordagem ampla do contexto histórico contribuem similarmente para o estereótipo distorcido e positivista da ciência, tratando o cientista como um gênio, excêntrico e, por vezes, maluco que, ao seguir uma série de procedimentos padronizados gera conhecimento.

A integração entre a abordagem CTS e a histórica pode auxiliar a compreensão de ciência como atividade humana e passível de influência externa, além de enfatizar o caráter temporário de suas teorias e modelos.

Obras aprovadas no PNLD 2018

É dever do professor escolher o livro didático a ser adotado em sala de aula, de forma que este possa complementar as atividades em sala e propiciar um fonte extra para estudo pelos alunos. Na edição de 2018 do PNLD, apesar de seis obras terem sido avaliadas e aprovadas, não é possível dizer que elas são iguais entre si. Todas possuem critérios gerais que as qualificam como aprovadas, porém uma diversidade de abordagens no que diz respeito à complementação do trabalho didático do professor está presente. Questões como a participação da mulher na produção científica, abordagens de questões étnico-raciais, construção de uma identidade nacional, assim como a influência de culturas como a afrodescendente e a indígena na produção científica brasileira são exemplos dessa pluralidade de abordagens.

Um questão bem apresentada nas obras aprovadas é a articulação dos três níveis de conhecimento científico (macroscópico, submicroscópico e o representacional) com o objetivo

de superar teorias incoerentes com seu contexto de produção. No entanto, é extremamente importante ter cautela com o uso excessivo de interpretações submicroscópicas e linguagem química, evitando o desinteresse dos alunos e tornando o conteúdo menos complexo e abstrato (BRASIL, 2017). Para auxiliar na abordagem macroscópica, as obras utilizam o artifício da contextualização, abordando questões relativas ao cotidiano, meio ambiente e a produção de conhecimento, colaborando para a construção de significados a respeito da Química e seu processo de desenvolvimento.

Outro ponto importante que pode auxiliar nesse diálogo entre os três níveis, é o desenvolvimento da experimentação de forma investigativa, com o objetivo de interligar o macroscópico ao abstrato por meio da realização dos experimentos pelos alunos. Isso além de colaborar para a aproximação dos fenômenos aos seus modelos explicativos, incentiva a habilidade de observação e pensamento crítico do estudante. As obras aprovadas devem apresentar informações de segurança como o uso de Equipamentos de Proteção Individual e Coletivo, cautela com os reagentes utilizados, descarte correto, entre outras.

Como abordado anteriormente nesse texto, o uso da história da ciência nos livros didáticos, é uma forma de desconstruir visões distorcidas a respeito da produção científica. As obras analisadas destacam curiosidades sobre os químicos, leituras complementares, além dos contextos em que a ciência foi desenvolvida. Isso é essencial para desmistificar a produção de conhecimento e evidenciar a influência externa nesse desenvolvimento.

Por fim, além dos pontos anteriormente citados, as obras deram a devida importância ao manual do professor. Sua função foi explorada como uma referência para o desenvolvimento dos diversos temas apresentados, um complemento à proposta didático-pedagógica e uma orientação da organização geral dos livros com o objetivo de auxiliar o progresso das atividades.

O PNLD trouxe, sem sombra de dúvida, uma melhoria significativa na qualidade dos livros didáticos de Química. Assim como expõe SANTOS E MARTINS (2011), o Plano é inovador por distribuir os livros didáticos, paradidáticos, dicionários de línguas e livros em braile, beneficiando os alunos de escola pública. Além disso, promoveu as discussões a respeito da função ideológica dos livros didáticos, a autonomia do professor, os conteúdos e seus erros conceituais, entre outros (GIORGIO ET AL, 2004). Apesar de apresentar diversos benefícios, o Plano ainda precisa ser aperfeiçoado. Alguns problemas persistem nas coleções como o estímulo ao comportamento passível dos estudantes, como o incentivo à memorização de fórmulas e conceitos (CAIMI, 2014).

É interessante notar que o critério de avaliação nº 33:

33 - rompe com uma abordagem metodológica baseada em atividades didáticas que enfatizam exclusivamente aprendizagens mecânicas, com a mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizadas.

Enfatiza a necessidade de rompimento com a mera memorização de fórmulas. Uma estratégia bastante promissora nessa direção é o uso de Análise Dimensional na realização de cálculos simples em Química e Física.

A Análise Dimensional desenvolve uma compreensão conceitual mais aprofundada das grandezas e suas unidades de medida. Assim, a seguir serão apresentados nos capítulos seguintes uma abordagem histórica das unidades de medida e uma descrição detalhada do método de Análise Dimensional.

Capítulo 2

História das unidades de medida

A realização de medidas é uma habilidade inerente à inteligência humana. Essa característica racional necessita, porém, de uma padronização para que seja útil como comparação e possa ser transmitida e devidamente compreendida. Durante a história, diversas convenções foram criadas com o objetivo de padronizar e sistematizar as medidas. Essa padronização apresenta um valor social que é claramente observada ao analisar os contextos socioeconômicos das sociedades. Como aponta SILVA 2004, os sistemas de medidas foram sempre vistos como fundamentais para a manutenção da justiça social, e representavam um critério de civilização:

“Sempre foi e ainda é crime falsificar uma medida. A própria Bíblia preocupa-se com essa questão, quando cita: ‘Vós não cometereis injustiças nas sentenças, nas medidas de comprimento, de pesos e de capacidade. Vós tereis balanças justas, pesos justos, uma medida justa’⁵. SILVA 2004, p.22 ;”

Atividades como o comércio, agricultura e a ciência, foram as responsáveis pelo desenvolvimento dos pesos e medidas e deram origem a Metrologia. Seu progresso, no entanto, não é diretamente proporcional ao desenvolvimento humano. Tal evolução ocorre apenas quando está relacionada ao progresso de outras atividades (SILVA, 2004).

Apesar das mitologias antigas explorarem as padronizações das linguagens e das medidas como provenientes de eventos celestiais e divinos, é muito provável que o antecessor da Metrologia tenha tido origem logo que o Homem se organizou em sociedade. Esse sistema primitivo, entretanto, não necessitava de grande exatidão e consistia apenas em relações grosseiras de distância e massa. Ao necessitar de uma acurácia maior, o corpo humano passou a ser utilizado como padrão métrico, pois a comodidade apresentada facilitava a transmissão e entendimento das medidas. Diferenças individuais eram desconsideradas pois dificilmente era necessária uma precisão maior que a apresentada, criando um acordo entre as partes ou outro método de resolução quando exceções aparecessem.

⁵ Leviticus, Cap. XIX, Versículos 35 e 36

Unidades de medida na Antiguidade

Os primeiros registros a respeito de unidades de medida remetem a Mesopotâmia e registram unidades de comprimento como o *palmo*, *côvado* e o *polegar*, além de padrões de medição para volume e massa. Estima-se que um *palmo* equivalia a aproximadamente 9,30 cm e o *côvado* possuía variações entre *Côvado pequeno*, *médio* e *o grande*, diversificando o seu valor de 3 a 5 palmos. Para medir volume, Ellis, 1973⁶, citado por Silva 2004, afirma que 1 *palmo cubico* correspondia a unidade *qa*, e a massa desse cubo era denominada de *mânu*, com subdivisões conforme o necessário. O autor afirma ainda que tais medidas de massa se relacionavam com as capacidades de carga dos animais e dos humanos e que, para a produção agrícola, unidades diferentes eram utilizadas, empregando tanto medidas de superfície como a quantidade de grãos necessária para a produção de certa área.

Às margens do Nilo a civilização Egípcia também se baseava no corpo humano para padronizar suas medidas. Os *côvados* eram igualmente usados e eram baseados na dimensão do antebraço, variando ao decorrer das dinastias (LORENZEN, 1966⁷, citado por SILVA, 2004). A semelhança entre os nomes das unidades mesopotâmicas e egípcias podem ter relação com o comércio estabelecido entre as civilizações, porém não podem ser consideradas iguais, visto que os sistemas numéricos tinham bases diferentes (decimal para os povos do Nilo e sexagesimal para os povos do Tigre e do Eufrátes).

Outras unidades de comprimento como o *ser*, o *pe* e o *dedo* representavam uma variedade maior de medidas. Para medir a massa das coisas, estima-se que os povos egípcios já utilizavam balanças por volta de 3600 a.C e confeccionavam padrões a partir de pedra e metal. Tais padrões apresentavam formas de animais como gatos, coelhos e aves, e se baseavam na unidade básica de massa denominada *deben*, que variou sua dimensão ao longo do tempo. Para o volume, utilizavam as unidades *jarra*, *barril* e *saco*, sendo uma *jarra* equivalente a aproximadamente 0,5 litros e as seguintes conversões:

$$1 \text{ saco} = 10 \text{ barris} = 100 \text{ jarras}$$

A agricultura egípcia, que foi vigorosamente marcada pelas cheias do rio Nilo, despertou a necessidade de determinar corretamente quais eram os limites entre as terras, após as inundações. Não se sabe ao certo as técnicas utilizadas para essa medição, apesar de algumas

⁶ ELLIS, K. *Man and measurement*. Londres, Ingraterra: Priory Press Limited, 1973.

⁷ LORENZEN, E. *Technological studies in ancient metrology*. Copenhagen: Nyt Nordisk Forlang, 1966

fontes indicarem o uso de *côvados quadrados* como a *terra* (10 x 10 *côvados*), a *centena* (10 x 100 *côvados*) e a *sedjad* (100 x 100 *côvados*) (SILVA, 2004).

Por volta do século VIII a.C. a civilização grega começa a emergir e se torna uma mediadora do conhecimento dos povos mesopotâmicos, egípcios e indus. O surgimento de uma nova forma de pensar elevou a cultura helenística a um nível alto de relevância no mundo antigo e influenciou os demais povos com a filosofia, a língua grega e o sistema de medidas grego.

A medição de comprimento tinha como base a unidade *dedo*, onde 16 *dedos* correspondiam a 1 *pé* grego (equivalente a 30,83 cm). Essa última unidade é a única que manteve-se presente da antiguidade até hoje com a presença do *pé* no Sistema Consuetudinario (valor de exatos 30,48 cm, muito próximo do *pé grego*). Para distâncias longas, utilizava-se o *estádio*, equivalente a 600 *pés*.

Assim como os povos anteriores, a estratégia para a produção de um padrão de massa era a de pesar um certo volume de água, permitindo a reprodução do padrão em qualquer lugar. Para os gregos, esse peso era o de 1,5 *pés* cúbicos, o que correspondia a unidade *talento* (OATES, 1979⁸ citado por SILVA, 2004). Divergências, porém, existem em relação a essa afirmação e à respeito dos valores regionais do *talento*, que variava de 25,50 kg a 37,80 kg dependendo da região. Dividindo o *talento* em 60 partes, obtinha-se uma *mina* que podia ser ainda dividida em 100 *drachmae*. Isso proporcionava uma precisão suficiente para os usos comerciais e na agricultura.

A respeito do volume, Silva, 2004 comenta sobre os padrões usados e sobre a influência causada posteriormente nos povos romanos:

“... sabe-se que os gregos usavam dois tipos diferentes: um para líquidos e outro para sólidos. Para sólidos, não se conhece com detalhes qual era a unidade usada, porém, para líquidos, sabe-se que a unidade de base era denominada *ânfora*, que equivalia a aproximadamente 27,20 litros. Diversos autores afirmam que as unidades de medida de volume gregas eram as mesmas usadas pelo romanos, as quais, na realidade, foram copiadas dos gregos.”

⁸ OATES, J.; *Babylon*. Londres, Inglaterra: Thames and Hudson Ltd., 1979

A influência causada pelos povos gregos, difundiu o sistema métrico grego pelo Oriente Médio, Oeste Asiático e Leste do Mediterrâneo, incluindo certas tribos da Itália, precursoras do povo Romano. Mais tarde, ao expandir o Império por grande parte da Europa, Ásia Ocidental e Norte da África, um sistema métrico baseado no grego foi desenvolvido e utilizado para estabelecer comércio com as diferentes regiões imperiais.

As unidades romanas de distância consistiam nos *pes* (equivalentes a, aproximadamente, 29,57 cm), *digitus* (1/16 *pes*), *palmus* (1/4 *pes*) entre outras (apresentadas na Tabela 2.1):

Tabela 2.1 – Unidades Romanas de distância

Unidade	Correspondência
<i>cubitus</i>	1,5 <i>pedes</i>
<i>gradus</i>	2,5 <i>pedes</i>
<i>passus</i>	5 <i>pedes</i>
<i>decempeda</i>	10 <i>pedes</i>
<i>actus</i>	120 <i>pedes</i>
<i>stadium</i>	625 <i>pedes</i>
<i>mille passus</i>	1000 <i>passus</i>

Para controlar as medições de massa e volume no comércio o Império Romano frequentemente produzia e distribuía padrões em todas as regiões. A distribuição de referências para unidades como a *libra* (aproximadamente 272,81 g), e a *amphora* (aproximadamente 27,84 L), tornavam as unidades regionais obsoletas ao comércio, estimulando a obediência ao sistema imperial e conseqüentemente ao Império. Isso demonstra que as padronizações não são apenas uma formalidade, mas podem ser úteis como uma ferramenta de controle social.

Unidades de Medida na Idade Média

A Idade Média, também chamada de “Idade das Trevas”, representou um caos metrológico ao mundo conhecido. Com a queda do último imperador romano, diversos povos se reorganizaram, tomando terras antes dominadas pelos antigos conquistadores. Silva (2004) expõem que a quantidade de unidades de medida em certa região era inversamente proporcional à hegemonia política, de modo que áreas muito subdivididas apresentavam uma infinidade de unidades.

A primeira tentativa registrada de unificação vem do início do século IX quando Carlos Magno (742-814) tentou, em vão, unificar as unidades para favorecer o comércio em áreas de grandes

feiras comerciais. O fortalecimento do sistema feudal, entretanto, estimulou o caminho contrário a qualquer tentativa de unificação. Cada Feudo possuía seu próprio sistema métrico com o Senhor feudal soberano à ele.

O sistema Feudal girava em torno da produção agrícola. É natural, portanto, que o foco do sistema de medidas estivesse na agricultura. Medições baseadas na produtividade, tanto em relação ao tempo de trabalho quanto à quantidade de grãos semeados, tomaram espaço e determinaram, por exemplo, as condições mínimas de espaço para que uma família de camponeses pudesse se sustentar (SILVA, 2004).

Apesar da medição baseada no esforço humano ter sido central nessa época, ainda havia a necessidade de medidas geométricas. A influência romana nas definições de unidades de comprimento ainda estava presente e os *pes* e *dedos*, mesmo com valores diferentes, continuavam a dar nome as unidades. Além disso, conveniência de se medir volume através de recipientes padrão, também foi utilizada.

O controle sobre os padrões de unidades de medida só começou a ser alcançado no final da Idade Média. A partir do século XIII, o controle entre o sistema de medidas passou a ser comum em estados organizados, e no final do século XIV legislações que buscavam estruturar e regular tais padrões, começaram a aparecer nas cidades mais importante (SILVA, 2004).

Unidades de Medida no Brasil

A condição de Portugal como metrópole do Brasil influenciou a adoção do sistema de medidas português que consistia, por exemplo, em unidades como o *palmo*, *alqueire*, *libra* e *arroba*. Em 1833, a Regência Trina Permanente é criada com o objetivo de organizar um sistema de medidas melhor, publicando em 1834 um relatório com as unidades de medida que posteriormente seriam usadas até quase o final do império (ROCHA-FILHO, 1988). Já em 1862 a lei imperial n.º 1.157 tornou o Brasil um país pioneiro na adoção do então chamado “Sistema Métrico Francês”, que posteriormente seria chamado apenas de Sistema Métrico. Além disso, a lei ordenava que fossem trazidos da França padrões oficiais como relata Rocha-Filho (1988):

“[...]o Brasil conseguiu, junto à Repartição Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), um exemplar de um metro padrão de liga de platina e irídio, de seção transversal em forma de X, o qual foi aferido diretamente em relação ao dos arquivos da França. Tal metro padrão, com uma massa

de 3 361 gramas (90% platina e 10% irídio), chegou ao Rio de Janeiro em dezembro de 1881. ” p. 28

Esse padrão foi posteriormente roubado em 1907 quando havia sido transferido ao Observatório Nacional, no Morro do Castelo.

As unidades utilizadas na época (chamadas de *medidas legais*, e derivadas das unidades portuguesas) tem relação ao Sistema Métrico segundo a seguinte tabela, transcrita do trecho final do *Circular de Remessa de Padrões, nº2 de 10 de maio de 1872*:

Tabela 2.2 – Primeiras unidades de medida brasileiras

Medidas Legais	Sistema Métrico
<i>Palmo</i>	22 centímetros
<i>Vara</i>	11 decímetros
<i>Braça</i>	22 decímetros
<i>Légua</i>	6 600 metros
<i>Alqueire</i>	36,27 litros
<i>Medida</i>	2,66 litros
<i>Libra</i>	459 gramas
<i>Arroba</i>	14,688 quilogramas

No entanto, apesar dos esforços imperiais para fazer parte da Convenção do Metro, o Brasil não se qualificou como participante em 1875. Posteriormente o país se tornou membro entre 1921 e 1931, ano em que se desligou novamente, voltando a fazer parte em 1954. Em 1962 foi oficialmente adotado o Sistema Internacional de Unidades (SI), aprovado no 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas de 1960.

Vários órgãos foram responsáveis pelo regulamento dos padrões de medida das unidades brasileiras. O primeiro foi o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), criado pelo Conselho de Metrologia em 1938 com o objetivo de inspecionar e fiscalizar a execução da legislação metrológica. O INT foi substituído em 1961 pelo Instituto Nacional de Pesos e Medidas (INPM), órgão diretamente subordinado ao Ministério da Indústria e do Comércio. Finalmente em 1982 o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) e o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), foram criados e responsáveis desde então pelo assunto no país.

Sistema Internacional de Unidades (SI)

O Sistema Internacional foi adotado na 11ª CGPM (Conferência Geral de Pesos e Medidas) como resultado de uma série de estudos estipulados na 9ª edição da mesma. Essa medida tinha como objetivo auxiliar os cientistas em problemas enfrentados em decorrência da proliferação de subsistemas de medida e criar um sistema de unidades coerente e universalmente aceito.

O SI é subdividido em três categorias: As *unidades base*, as *derivadas* e as *suplementares*. As unidades base eram originalmente 6 até 1971 quando se adicionou o *mol* como unidade de grandeza da *quantidade de matéria*. Tais unidades são responsáveis pela estruturação do sistema e foram escolhidas de modo arbitrário para facilitar os procedimentos científicos e do dia-a-dia. Essas unidades que compõe tal grupo estão apresentadas no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1 – Unidades SI

Grandeza	Unidade	Símbolo
Comprimento	Metro	M
Massa	Quilograma	Kg
Tempo	Segundo	S
Corrente Elétrica	Ampère	A
Temperatura Termodinâmica	Kelvin	K
Quantidade de Substância	Mol	mol
Intensidade Luminosa	Candela	Cd

A princípio essas unidades eram definidas a partir de padrões fisicamente construídos. No entanto, a dificuldade de reprodução de tais padrões incentivou a busca por unidades que fossem baseadas em constantes naturais. Assim as unidades não envelheceriam, não estariam restritas as quantidades existentes na natureza e poderiam ser reproduzidas sempre que necessário.

Um metro por exemplo, foi definido como o trajeto percorrido pela luz durante 1/299 792 458 segundos, utilizando-se da constante c (velocidade da luz no vácuo). Atualmente, a única unidade de base que ainda depende de um padrão físico é o quilograma, que se baseia em um protótipo de platina e irídio guardado em um cofre no Instituto de Pesos e Medidas. Esse padrão, porém, vem apresentando variações de aproximadamente 1 μg por ano. Por tal motivo, pesquisadores estimam que até 2018 uma nova definição de kg será produzida, baseando-se nas constantes de Planck e de Avogadro (DAVIS, BARAT e STOCK, 2016).

As unidades derivadas são definidas como relações algébricas entre as unidades de base. O SI consiste em 19 unidades derivadas. Algumas dessas recebem nomes específicos que representam tais divisões e

multiplicações das unidades de base. Essa combinação é uma das vantagens do SI pois não necessita de outros fatores de conversão diferentes de 1. As unidades derivadas estão apresentadas no Quadro 2, a seguir:

Grandeza	Unidade	Símbolo
Área	metro quadrado	m ²
Volume	metro cúbico	m ³
Velocidade	metro por segundo	m/s
Densidade	quilograma por metro cúbico	kg/m ³
Concentração em quantidade de matéria	mol por metro cúbico	mol/m ³

Unidade utilizadas na Química

A produção de conhecimento científico na área da Química, assim como em qualquer outra área, necessita de padronizações. As unidades apresentadas a seguir são as mais comumente usadas no dia-a-dia de um químico, pois padronizam as grandezas presentes na maioria dos processos e transformações da matéria.

Mol e unidades derivadas

O mol é definido como sendo a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 kg de carbono 12, e faz parte das unidades de base do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza quantidade de substância. Uma mesma massa de diferentes compostos possui diferentes números de entidades (átomos, moléculas) que a compõe, portanto, fixar um número de entidades é interessante para o trabalho de um químico, que lida com isso todos os dias. Como as massas dessas entidades são variadas, o número de entidades presentes em uma amostra representa uma característica intrínseca a ela, representando uma proporcionalidade entre quantidade de matéria e número de átomos, moléculas, etc. Essa constante de proporcionalidade, denominada de constante de Avogadro, é definida como $6,02214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, que relaciona o número de entidades por quantidade de substância (ROCHA-FILHO e SILVA, 1995).

A unidade mol também se apresenta no dia-a-dia de um químico em unidades derivadas como concentração, massa molar, volume molar, entre outras. No entanto a definição de que a massa molar representa a massa molecular ou atômica expressa em gramas é equivocada e não recomendada desde a redefinição do *mol* em 1971. Tal erro confusão ocorre pois o número de

entidades em 1 mol de substância, equivale ao número de unidade de massa atômica em 1 grama, dessa mesma substância (ROCHA-FILHO e SILVA, 1995).

Dalton ou Unidade de massa atômica (Da ou u)

O Dalton ou Unidade de massa atômica não é uma unidade SI, mas é reconhecida pelo CGPM (do francês *Conférence générale des poids et mesures* - Conferência Geral de Pesos e Medidas) e pode ser combinada com prefixos SI para expressar a massa de entidades grandes ou pequenas. 1 u (ou 1 Da) é definido como 1/12 da massa de um átomo de carbono 12 no estado fundamental. Tal massa em termos de unidades SI equivale a $1,660538782(83) \times 10^{-27}$ kg.

Capítulo 3

O método da Análise Dimensional

A utilização de unidades de medida consiste essencialmente em uma comparação entre uma grandeza medida, e um padrão relativo a essa grandeza. A definição de grandeza consiste em um atributo qualquer, mensurável, de alguma coisa do universo físico (Rocha-Filho e Silva, 2013). Ao determinar a massa de algum objeto, utiliza-se uma comparação que indica quantas vezes essa massa é maior que uma massa padrão (1 kg). Assim, a correta representação de uma grandeza segue a seguinte relação:

$$\text{grandeza} = \text{valor numérico} \times \text{unidade}$$

Em que a magnitude da grandeza é igual ao produto do valor numérico por uma unidade de medida. Por exemplo, caso uma distância entre dois pontos seja igual a 56 centímetros, a correta representação é:

$$l = 56 \text{ cm}$$

A correta representação das grandezas é algo de extrema importância para manter a coerência da medida e permitir o uso do *método de análise dimensional*. Assim a magnitude da grandeza acima só pode ser expressa como 56 cm (ou até 56×10^{-2} m) mas nunca como 56 ou 56×10^{-2} . Representar corretamente evita que erros sejam cometidos no uso do método proposto, visto que as unidades finais devem ser coerentes com a grandeza calculada.

A análise dimensional consiste em um método de conversão de medidas que utiliza fatores de conversão para transformar diferentes unidades de uma mesma grandeza, ou magnitudes de diferentes grandezas. O uso dos fatores de conversão pode ser demonstrado utilizando um exemplo simples do dia-a-dia: Quantas horas são 330 minutos? .

Pode-se encontrar a resposta para esse problema utilizando uma regra de três:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ h} \quad \text{-----} \quad 60 \text{ min} \\ x \quad \text{-----} \quad 330 \text{ min} \end{array}$$

Obtendo:

$$x = \frac{1 \text{ h} \times 330 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

Ou:

$$x = 330 \text{ min} \times \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right)$$

Repare que a unidade de *minutos* se cancela e x é igual a 5,5 h.

Esse exemplo se caracteriza como uma simples conversão de medidas. Utilizando a identidade a seguir, foi possível a conversão da unidade *minutos* por unidade *horas*:

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} \quad (1)$$

Essa igualdade matemática, como qualquer outra, pode ser dividida em ambos os lados, por um mesmo valor sem alterar a igualdade. Dessa forma ao dividir ambos os lados por 60 min, obtêm-se:

$$\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \frac{60 \text{ min}}{60 \text{ min}}$$

Como $60 \text{ min}/60 \text{ min} = 1$, tem-se que:

$$1 = \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) \quad (2)$$

Esse quociente corresponde a identidade e pode ser utilizado como fator de conversão para o problema apresentado:

$$330 \text{ min} \times \left(\frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \right) = 5,5 \text{ h}$$

Repare que a unidade *minuto* se cancela, restando apenas a unidade *hora*. De mesmo modo, pode-se utilizar o inverso desse fator, dividindo a igualdade (1) por 1h em ambos os lados:

$$\frac{1 \text{ h}}{1 \text{ h}} = \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}$$

$$\left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 1$$

Esse fator pode ser utilizado para conversões de *hora* em *minuto*, e é o recíproco do fator (2)

Utilizando essa lógica, qualquer igualdade pode ser transformada em um fator de conversão. Por exemplo, um determinado estacionamento cobra R\$ 3,00 por hora em que um automóvel permanece estacionado. Assim:

$$1h = R\$3,00$$

Dividindo ambos os lados por 1h, obtemos um fator de conversão que possibilita obter o preço de determinada quantidade de horas. Imagine que deseja-se saber o preço final de um período de 4,5 h em que um carro ficou estacionado. Assim:

$$4,5 h \times \left(\frac{R\$ 3,00}{1h} \right) = R\$ 13,5$$

É importante notar que nesse caso há uma mudança de uma unidade de medida de tempo, para uma unidade de medida em reais, onde as quantidades permanecem iguais.

De forma análoga, os fatores de conversão podem ser usados em sequência, o que facilita múltiplas conversões de uma quantidade. Sabendo que 1 polegada = 2,54 cm, é possível converter uma quantidade em polegada para metros, por exemplo, encadeando as identidades:

$$30 \text{ polegadas} \times \left(\frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ polegada}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) = 0,76 \text{ m}$$

Note que primeiramente a quantidade foi convertida para centímetros utilizando a identidade proposta anteriormente, e logo em seguida para metros utilizando uma identidade mais conhecida. Repare também que toda a operação necessitou de apenas uma linha de cálculo, diferente do uso de regras de três, que precisaria de duas equações.

Para grandezas derivadas também é possível utilizar fatores de conversão. A unidade SI de velocidade, por exemplo, é m/s. No entanto, no dia-a-dia, utiliza-se frequentemente nas rodovias, a unidade km/h. Assim, para conversão entre as duas unidades derivadas, é necessário utilizar dois fatores: Um que transforme *m* em *km*, e outro de *s* para *h*.

$$1 = \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right)$$

$$1 = \left(\frac{1h}{3600 \text{ s}} \right)$$

Portanto, para converter 10 m/s em km/h, utiliza-se mais de uma etapa:

$$\frac{10 \text{ m}}{1 \text{ s}} \times \left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \right) \times \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right) = 36 \text{ km/h}$$

Da mesma forma, mais etapas podem ser adicionadas conforme o necessário.

A análise dimensional, portanto, oferece uma forma simples de manter a coerência de uma grandeza. Utilizando-a é fácil observar quando se erra a ordem de um fator de conversão pois a unidade resultante não estará de acordo com a grandeza. Na conversão de centímetros para metros, por exemplo, ao errar o fator de conversão, temos:

$$10 \text{ cm} \times \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right) = 1000 \text{ cm}^2/\text{m}$$

As unidades não se cancelam e o resultado é uma unidade incoerente com a dimensão de comprimento. O uso do método possibilita também a compreensão das operações realizadas, evitando a aprendizagem mecânica e abordagem metodológica das conversões de unidade de medida.

Metodologia

Seguindo o caráter exploratório do trabalho, três coleções aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018 foram selecionadas. As obras e suas informações estão apresentadas na Tabela 4.1 a seguir:

Título	Autor(es)	Editora	Ano	Edição
Química – volumes 1, 2 e 3	Martha Reis	Ática	2016	2 ^a
Química Cidadã - volumes 1, 2 e 3	Wildson Santos, Gerson Mól (Coord.)	AJS	2016	3 ^a
Química - volumes 1, 2 e 3	Andréa Horta Machado, Eduardo Fleury Mortimer	Scipione	2016	3 ^a

Para cada obra analisada foram considerados os exercícios resolvidos apresentados nos livros. Todas as resoluções que utilizassem como ferramenta a regra de 3 ou a Análise Dimensional foram selecionados e reunidos nas tabelas 4.2, 4.3 e 4.4. Posteriormente foram selecionados um exercício de cada tema para ser resolvido por Análise Dimensional, com o objetivo de demonstrar o contraste entre os dois métodos tanto em relação a complexidade da resolução quanto ao tamanho. O critério utilizado para a escolha de somente essas 3 obras aprovadas, foi o fato de apresentarem abordagem totalmente oposta na apresentação de exercícios que potencialmente poderiam ser resolvidos por Análise Dimensional e álgebra de grandezas. Enquanto a obra *Química* de Martha Reis apresenta apenas resoluções com regra de 3, a obra *Química Cidadã* apenas utiliza Análise Dimensional e algumas fórmulas. A coleção *Química* de Mortimer e Machado foi selecionada por apresentar apenas um exercício em toda a obra.

Resultados

A seguir estão apresentadas as tabelas resultantes das análises das obras selecionadas. São apresentados os capítulos, volumes, temas dos exercícios, páginas e por qual método estes se apresentam resolvidos. Além disso uma quinta coluna (X) foi adicionada para representar quais exercícios de cada tema foram selecionados para serem apresentados no presente trabalho.

Tabela 4.1

Química Cidadã Vol. 1, 2 e 3

Capítulo/Volume	Tema	Página	Método	X
Capítulo 4 – Vol.1	Explicação do método de A.D.	Pag.118	Análise Dimensional	X
Capítulo 4 – Vol.1	Pressão	Pag.120	Análise Dimensional	X
Capítulo 1 – Vol.2	Constante de Avogadro	Pag.23	Análise Dimensional	X
Capítulo 1 – Vol.2	Constante de Avogadro	Pag.24	Análise Dimensional	
Capítulo 1 – Vol.2	Constante de Avogadro	Pag.31	Análise Dimensional	
Capítulo 2 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag.50	Análise Dimensional	X
Capítulo 2 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag.51	Análise Dimensional	
Capítulo 2 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag.52	Análise Dimensional	
Capítulo 2 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag.53	Análise Dimensional	
Capítulo 2 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag.54	Análise Dimensional	
Capítulo 2 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag.55	Análise Dimensional	
Capítulo 2 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag.59	Análise Dimensional	
Capítulo 3 – Vol.2	Concentração em massa	Pag.80	Análise Dimensional	
Capítulo 3 – Vol.2	Concentração quantidade de matéria.	Pag.81	Análise Dimensional	
Capítulo 3 – Vol.2	Concentração em massa	Pag.82	Análise Dimensional	X
Capítulo 3 – Vol.2	Concentração em massa	Pag.83	Análise Dimensional	
Capítulo 3 – Vol.2	Título	Pag.84	Formula	X
Capítulo 3 – Vol.2	Título	Pag.85	Formula	
Capítulo 3 – Vol.2	Diluição	Pag.90	Formula	X
Capítulo 3 – Vol.2	Diluição	Pag.91	Formula	
Capítulo 3 – Vol.2	Diluição	Pag.92	Formula	

Tabela 4.2

Mortimer vol. 1, 2 e 3

Capítulo/Volume	Tema	Página	Método
Cap. 1 – Vol. 1	Conversão - Quantidade de substância	Pag. 46	Análise Dimensional

Martha Reis Volumes 1,2 e 3

Tabela 4.2

Capítulo/Volume	Tema	Página	Método	X
Capítulo 1 – Vol.1	Grandezas físicas	Pág 20	Regra de 3	X
Capítulo 1 – Vol.1	Grandezas físicas	Pág 30	Regra de 3	
Capítulo 8 – Vol.1	Massa molecular	Pag. 130	Regra de 3	X
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag. 57	Regra de 3	X
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag. 58	Regra de 3	
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag. 59	Regra de 3	
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag. 62	Regra de 3	
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag. 64	Regra de 3	
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico	Pag. 65	Regra de 3	
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico - Rendimento	Pag. 66	Regra de 3	X
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico - Rendimento	Pag. 67	Regra de 3	
Capítulo 4 – Vol.2	Cálculo estequiométrico - Pureza	Pag. 68	Regra de 3	X
Capítulo 5 – Vol.2	Concentração	Pag. 78	Regra de 3	
Capítulo 5 – Vol.2	Concentração	Pag. 81	Regra de 3	X
Capítulo 5 – Vol.2	Concentração - Título	Pag. 82	Regra de 3	X
Capítulo 5 – Vol.2	Concentração - Título	Pag. 87	Regra de 3	
Capítulo 5 – Vol.2	Concentração - ppm	Pag. 88	Regra de 3	X
Capítulo 5 – Vol.2	Concentração - ppm	Pag. 89	Regra de 3	
Capítulo 6 – Vol.2	Concentração – mol/L	Pag. 92	Regra de 3	
Capítulo 6 – Vol.2	Concentração – mol/L	Pag. 93	Regra de 3	X
Capítulo 7 – Vol.2	Concentração em massa	Pag. 100	Regra de 3	X
Capítulo 7 – Vol.2	Concentração em quantidade de mat.	Pag. 101	Regra de 3	
Capítulo 7 – Vol.2	Concentração em quantidade de mat.	Pag. 102	Regra de 3	
Capítulo 7 – Vol.2	Concentração em quantidade de mat.	Pag. 104	Regra de 3	X
Capítulo 7 – Vol.2	Concentração em quantidade de mat.	Pag. 107	Regra de 3	
Capítulo 7 – Vol.2	Concentração em quantidade de mat.	Pag. 108	Regra de 3	
Capítulo 7 – Vol.2	Titulação	Pag. 110	Regra de 3	
Capítulo 7 – Vol.2	Titulação	Pag. 111	Regra de 3	X
Capítulo 7 – Vol.2	Titulação	Pag. 112	Regra de 3	
Capítulo 8 – Vol.2	Propriedades Coligativas	Pag. 118	Regra de 3	X
Capítulo 9 – Vol.2	Equações Termoquímicas	Pag. 146	Regra de 3	X
Capítulo 12 – Vol.2	Cinética	Pag. 205	Regra de 3	X
Capítulo 14 – Vol.2	Constante de ionização	Pag. 232	Regra de 3	X
Capítulo 15 – Vol.2	Coeficiente de solubilidade	Pag. 257	Regra de 3	
Capítulo 15 – Vol.2	Coeficiente de solubilidade	Pag. 258	Regra de 3	X
Capítulo 18 – Vol.2	Eletroquímica	Pag. 310	Regra de 3	
Capítulo 15 – Vol.2	Eletroquímica	Pag. 312	Regra de 3	X
Capítulo 15 – Vol.2	Eletroquímica	Pag. 313	Regra de 3	
Capítulo 17 – Vol.3	Radioatividade	Pag. 295	Regra de 3	X

Adiante são apresentadas as páginas analisadas para cada coleção e a forma como os exercícios são resolvidos por regra de três. Para cada exercício é também apresentada as resoluções por análise dimensional. Além disso estão apresentadas também alguns exemplos das obras que utilizam a Análise Dimensional como ferramenta de resolução.

Martha Reis Volume 1, página 20:

O que significa a medida do índice pluviométrico de uma região?

O índice pluviométrico, fornecido em milímetros, expressa diretamente a quantidade de chuva em L/m^2 . Para entender por que, considere, por exemplo, que em uma área igual a 1 metro quadrado ($1 m^2$), a água da chuva tenha atingido uma altura (h) igual a 1 milímetro (1 mm). Qual o volume de chuva nessa área?

Dado que 1 metro equivale a 1000 mm e, portanto, 1 mm equivale a $10^{-3} m$, passando todos os dados para a mesma unidade (metros), calculamos o volume de chuva nessa área: $1 m \cdot 1 m \cdot 10^{-3} m = 10^{-3} m^3$.

Passando esse valor para litros (para ter uma dimensão melhor da quantidade de chuva, já que é mais habitual a unidade litros do que a unidade metros cúbicos), tem-se:

$$\begin{array}{l} 1 m^3 \text{-----} 1\ 000\ L\ (\text{ou } 10^3\ L) \\ 10^{-3} m^3 \text{-----} x \\ x = \frac{10^{-3} \cdot 10^3}{1} \Rightarrow x = 1\ L \end{array}$$

Resolução por Análise Dimensional:

$$V = 10^{-3} m^3 x \left(\frac{10^3 L}{1 m^3} \right) = 1L$$

Martha Reis, Volume 1, Página 130

$$N = 6,02214 \cdot 10^{23} \cdot n$$

Essas relações de proporcionalidade envolvendo massa molar e constante de Avogadro podem ser aplicadas das mais diversas maneiras.

Observe o seguinte exemplo:

Qual a massa de uma molécula de água em gramas? Dado: a massa molar da água é 18 g/mol.

$$18\ g\ de\ H_2O \text{-----} 6,02214 \cdot 10^{23}\ moléculas$$

$$x \text{-----} 1\ molécula$$

$$x = \frac{1 \cdot 18}{6,02214 \cdot 10^{23}} \Rightarrow x = 2,98897 \cdot 10^{-23}\ g$$

Uma única molécula de água tem massa igual a $2,98897 \cdot 10^{-23}\ g$.

Resolução por Análise Dimensional:

$$1\ molécula \ x \left(\frac{18\ g\ H_2O}{1\ mol} \right) \ x \left(\frac{1\ mol}{6,02214 \cdot 10^{23}\ moléculas} \right) = 2,98897 \cdot 10^{-23}\ g$$

Martha Reis, Volume 2, Página 57

Quantidade de matéria × quantidade de matéria

Acompanhe o exemplo a seguir:

- Qual a quantidade de matéria de álcool etílico, $C_2H_6O(l)$, que deve reagir para fornecer 12 mol de gás carbônico (supondo reação de combustão completa)?

Resolução:

Observe que, para resolver esse problema, vamos relacionar apenas os dados das substâncias mencionadas no enunciado, concluindo, por exemplo, que há oxigênio suficiente para reagir com todo o álcool etílico e que a queima é completa.

Equação balanceada da combustão do álcool etílico:



$$1 \text{ mol} \quad \text{-----} \quad 2 \text{ mol}$$

$$x \quad \text{-----} \quad 12 \text{ mol}$$

$$x = \frac{1 \cdot 12}{2} \Rightarrow x = 6 \text{ mol de } C_2H_6O(l)$$

Para obter 12 mol de gás carbônico, é necessário queimar completamente 6 mol de álcool etílico.

c

Resolução por Análise Dimensional:

$$12 \text{ mol } CO_2 \times \left(\frac{1 \text{ mol } C_2H_6O}{2 \text{ mol } CO_2} \right) = 6 \text{ mol } C_2H_6O$$

Martha Reis, Volume 2, Página 66

Acompanhe o seguinte exemplo:

- A reação de 20 litros de gás nitrogênio, $N_2(g)$, com gás hidrogênio, $H_2(g)$, suficiente, feita sob pressão de 350 atm e temperatura de 773,15 K, forneceu um volume de amônia, $NH_3(g)$, igual a 7,2 L. Sabendo que o volume molar nessas condições é igual a 0,18 L/mol, calcule o rendimento da reação.

Resolução:

Da equação balanceada, temos que:



$$1 \cdot 0,18 \text{ L} \quad \text{-----} \quad 2 \cdot 0,18 \text{ L}$$

$$20 \text{ L} \quad \text{-----} \quad x$$

$$x = \frac{20 \cdot 2 \cdot 0,18}{1 \cdot 0,18} \Rightarrow x = 40 \text{ L de } NH_3(g) \text{ (quantidade teórica)}$$

$$40 \text{ L de } NH_3(g) \quad \text{-----} \quad 100\% \text{ de rendimento}$$

$$7,2 \text{ L de } NH_3(g) \quad \text{-----} \quad y$$

$$y = \frac{7,2 \cdot 100}{40} \Rightarrow y = 18\% \text{ de rendimento}$$

Resolução por Análise Dimensional:

$$20 L N_2 \times \left(\frac{2 \cdot 0,18 L NH_3}{1 \cdot 0,18 L N_2} \right) = 40 L NH_3$$

$$7,2 L NH_3 \times \left(\frac{100\% \text{ rendimento}}{40 L NH_3} \right) = 18\% \text{ rendimento}$$

Martha Reis, Volume 2, Página 68

- Que massa de óxido de cálcio, CaO(s), podemos obter pela decomposição térmica de 250 g de carbonato de cálcio, CaCO₃(s), com grau de pureza igual a 80%?

Massas molares (em g/mol): CO₂ = 44; CaO = 56 e CaCO₃ = 100

Resolução:

250 g de CaCO₃(s) ————— 100% de pureza

x ————— 80% de pureza

$$x = \frac{80 \cdot 250}{100} \Rightarrow x = 200 \text{ g}$$

Concluimos então que dos 250 g de calcário, apenas 200 g correspondem a CaCO₃(s). Da reação balanceada, temos que:



1 · 100 g ————— 1 · 56 g

200 g ————— x

$$x = \frac{200 \cdot 1 \cdot 56}{1 \cdot 100} \Rightarrow x = 112 \text{ g de CaO(s)}$$

Resolução por Análise Dimensional:

$$80\% \text{ de pureza} \times \left(\frac{250 \text{ g CaCO}_3}{100\% \text{ de pureza}} \right) \times \left(\frac{56 \text{ g CaO}}{100 \text{ g CaCO}_3} \right) = 112 \text{ g de CaO}$$

Martha Reis, Volume 2, Página 81

- (UFRN) A massa, em g, de 100 mL de uma solução com densidade 1,19 g/mL é:
a) 1,19. b) 11,9. c) 84. d) 100. e) 119.

Resolução:

1,19 g de solução ————— 1 mL

x ————— 100 mL

$$x = \frac{100 \text{ mL} \cdot 1,19 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \Rightarrow x = 119 \text{ g}$$

Resolução por Análise Dimensional:

$$100 \text{ mL de solução} \times \left(\frac{1,19 \text{ g de solução}}{1 \text{ mL}} \right) = 119 \text{ g de solução}$$

Martha Reis, Volume 2, Página 82

(Ufscar-SP) Um aluno deseja preparar 25,0 g de uma solução aquosa contendo 8,0% em massa de cloreto de sódio. As massas, em g, de água e sal tomadas pelo aluno foram, respectivamente:

- a) 21 e 4,0. b) 17 e 8,0. c) 23 e 2,0. d) 19 e 6,0. e) 20 e 5,0.

Resolução:

Uma solução com 8,0% em massa de soluto (cloreto de sódio) apresenta título igual a 0,08 ($8 \div 100$).

Em 100 unidades de massa dessa solução, temos 8 unidades de massa de soluto e 92 unidades de massa de solvente.

100 g de solução _____ 8 g de cloreto de sódio

25 g de solução _____ x

$$x = \frac{25 \text{ g} \cdot 8 \text{ g}}{100 \text{ g}} \quad \Rightarrow \quad x = 2,0 \text{ g de NaCl}$$

massa da solução = massa do soluto + massa do solvente

$$25 = 2 + \text{massa da água}$$

$$\text{massa da água} = 25 - 2 \quad \Rightarrow \quad \text{massa da água} = 23 \text{ g}$$

Alternativa C.

Resolução por Análise Dimensional:

$$25 \text{ g de solução} \times \left(\frac{8 \text{ g NaCl}}{100 \text{ g solução}} \right) = 2 \text{ g NaCl}$$

$$25 \text{ g} = 2 \text{ g} + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 23 \text{ g H}_2\text{O}$$

Martha Reis, Volume 2, Página 88

- Propanona, C_3H_6O , pura é um líquido volátil, incolor, inflamável, moderadamente tóxico, de sabor adocicado e cheiro agradável. Um ser humano comum pode perceber o cheiro da propanona diluída no ar na concentração mínima de 1,6 ppm. A análise de uma amostra do ar de determinado ambiente revelou que existe 0,00015% em volume de propanona. Uma pessoa, ao entrar no ambiente, vai perceber o odor da propanona?

Resolução:

$$1,6 \text{ ppm de } C_3H_6O = \frac{1,6 \text{ mL de } C_3H_6O}{1000000 \text{ mL de ar}}$$

$$1000 \text{ mL} \Leftrightarrow 1 \text{ L (ou } 1 \text{ dm}^3\text{) e } 1000 \text{ L} \Leftrightarrow 1 \text{ m}^3$$

$$\text{logo: } 1000000 \text{ mL} \Leftrightarrow 1 \text{ m}^3$$

$$1,6 \text{ ppm de } C_3H_6O = \frac{1,6 \text{ mL de } C_3H_6O}{1 \text{ m}^3 \text{ de ar}}$$

Concluimos então que cada m^3 de ar contém 1,6 mL de C_3H_6O .

Passando a concentração expressa em ppm para porcentagem:

$$1,6 \text{ parte de } C_3H_6O \text{ ————— } 1000000 \text{ partes de ar}$$

$$x \text{ ————— } 100 \text{ partes de ar}$$

$$x = \frac{1,6 \cdot 100}{1000000} \quad \Rightarrow \quad x = \frac{1,6}{100000}$$

$$x = 0,00016\% \text{ de } C_3H_6O \text{ no ar, em volume}$$

Logo, um ser humano não poderá perceber o odor da propanona.

Resolução por Análise Dimensional:

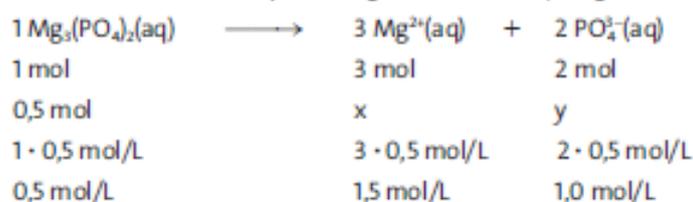
$$\left(\frac{1,6 \text{ mL de } C_3H_6O}{1000000 \text{ mL de ar}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) = \left(\frac{1,6 \text{ mL de } C_3H_6O}{1 \text{ m}^3 \text{ de ar}} \right)$$

$$100\% \times \left(\frac{1,6 \text{ partes de } C_3H_6O}{1000000 \text{ partes de ar}} \right) = 0,00016\% = 1,6 \cdot 10^{-6}\%$$

- Qual a concentração em quantidade de matéria de cátions magnésio, $Mg^{2+}(aq)$, e de ânions fosfato, $PO_4^{3-}(aq)$, em uma solução aquosa de fosfato de magnésio, $Mg_3(PO_4)_2$, de concentração igual a 0,5 mol/L, com $\alpha = 0,70$ (70%)?

Resolução:

Os coeficientes da equação balanceada de dissociação* da substância são diretamente proporcionais à concentração em quantidade de matéria de cada íon para um grau de dissociação igual a 100%.



Em seguida, é preciso calcular a quantidade real de íons formados considerando o grau de dissociação da substância, no caso $\alpha\% = 70\%$:

$1,5 \text{ mol de íons } Mg^{2+}(aq)/L$	—————	100% de dissociação
x	—————	70% de dissociação
$x = \frac{70 \cdot 1,5}{100}$	\Rightarrow	$x = 1,05 \text{ mol/L de íons } Mg^{2+}(aq)$
$1,0 \text{ mol de íons } PO_4^{3-}(aq)/L$	—————	100% de dissociação
y	—————	70% de dissociação
$y = \frac{70 \cdot 1,0}{100}$	\Rightarrow	$y = 0,70 \text{ mol de íons } PO_4^{3-}(aq)/L$

Resolução por Análise Dimensional:

$$1,5 \text{ mol de íons } Mg^{2+}(aq)/L = 100\% \text{ de dissociação}$$

$$1,0 \text{ mol de íons } PO_4^{3-}(aq)/L = 100\% \text{ de dissociação}$$

$$[Mg^{2+}] = 70\% \times \left(\frac{1,5 \text{ mol de íons } Mg^{2+}(aq)/L}{100\% \text{ de dissociação}} \right) = 1,05 \text{ mol/L de íons } Mg^{2+}(aq)$$

$$[PO_4^{3-}] = 70\% \times \left(\frac{1,0 \text{ mol de íons } PO_4^{3-}(aq)/L}{100\% \text{ de dissociação}} \right) = 0,7 \text{ mol/L de íons } PO_4^{3-}(aq)$$

Química Cidadã Volume 1, página 120:

UNIDADES DE MEDIDA DA GRANDEZA PRESSÃO			
Grandeza	Unidade de medida	Símbolo da unidade	Relação da unidade com o SI
Pressão (P)	pascal (SI)	Pa	
	milímetro de mercúrio	mmHg	760 mm de Hg = 101 325 Pa
	atmosfera	atm	1 atm = 101 325 Pa

Com os dados da tabela acima podemos fazer algumas conversões de unidade de pressão. Vejamos um exemplo:

Na cidade de Brasília, a uma altitude de 1 200 metros, um boletim meteorológico anunciou uma pressão atmosférica de 99 602 Pa. Qual é a pressão em milímetros de mercúrio?

Usando o fator de conversão, estabeleça a relação entre unidades começando pela fornecida. Teremos:

$$101\,325\text{ Pa} = 760\text{ mmHg}$$

$$\frac{101\,325\text{ Pa}}{101\,325\text{ Pa}} = \frac{760\text{ mmHg}}{101\,325\text{ Pa}} \Rightarrow 1 = \frac{760\text{ mmHg}}{101\,325\text{ Pa}}$$

$$\text{Então, } P = 99\,602\text{ Pa} \cdot \frac{760\text{ mmHg}}{101\,325\text{ Pa}} = 747\text{ mmHg.}$$

Imagem: Claudio Marinho/Agência Brasil/Imagens

Em elevadas altitudes, como no **Pico da Neblina** (2 993,8 m), a pressão será maior ou menor? Por quê?



Química Cidadã Volume 2, página 23:

Fazendo cálculos com a constante de Avogadro

A partir da constante de Avogadro, podem-se fazer diversas conversões entre quantidades expressas em número de entidades e em quantidade de matéria. Essas conversões podem ser feitas por meio de regra de três ou por fatores de conversão. Lembre-se de que:

$$1\text{ mol} = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ entidades.}$$

Dividindo os dois lados da igualdade por 1 mol:

$$\frac{1\text{ mol}}{1\text{ mol}} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}\text{ entidades}}{1\text{ mol}} \quad \text{ou por } 6,02 \cdot 10^{23}\text{ entidades:}$$

$$\frac{1\text{ mol}}{6,02 \cdot 10^{23}\text{ entidades}} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}\text{ entidades}}{6,02 \cdot 10^{23}\text{ entidades}} \quad \text{teremos os}$$

seguintes fatores de conversão:

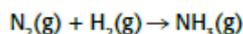
$$1 = \frac{6,02 \cdot 10^{23}\text{ entidades}}{1\text{ mol}} \quad \text{e} \quad 1 = \frac{1\text{ mol}}{6,02 \cdot 10^{23}\text{ entidades}}$$

Cálculos estequiométricos da quantidade de matéria de uma substância a partir da quantidade de matéria de outra substância

1. Lembrando o exemplo da obtenção da amônia, calcule a quantidade de matéria do gás nitrogênio (N_2) necessária para reagir com 12 mol de gás hidrogênio (H_2), formando amônia (NH_3).

1º PASSO

Identificação da equação química, pois é necessário escrevermos a equação envolvida na reação: o nitrogênio reage com o hidrogênio, formando amônia, segundo a equação:

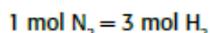


2º PASSO

Balanciamento da equação química: $1N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

3º PASSO

Identificação da relação estequiométrica envolvida no cálculo em questão e dos fatores de conversão:



Dividindo-se essa igualdade por 3 mol de H_2 , teremos o fator de conversão:

$$\frac{1 \text{ mol } N_2}{3 \text{ mol } H_2} = 1$$

Dividindo-se, ainda, a relação estequiométrica por 1 mol H_2 , obteremos outro fator de conversão:

$$\frac{3 \text{ mol } H_2}{1 \text{ mol } N_2} = 1$$

4º PASSO

Determinação da quantidade de matéria desejada, com base no fator de conversão obtido da relação estequiométrica:

$$n(N_2) = 12 \text{ mol } H_2 \cdot \frac{1 \text{ mol } N_2}{3 \text{ mol } H_2} \rightarrow n(N_2) = 4 \text{ mol } N_2$$

(conversão de N_2 em H_2)



A amônia pode ser obtida a partir do nitrogênio atmosférico e transportada em tanques até indústrias, nas quais é utilizada como matéria-prima.

Cálculo de concentração em quantidade de matéria a partir da massa do soluto

1. As informações abaixo foram retiradas de uma bula de medicamento para reidratação oral:

Modo de usar: dissolva o conteúdo do envelope em 500 mL de água.	
Composição: cada envelope contém	
cloreto de potássio	75 mg
citrato de sódio di-idratado	145 mg
cloreto de sódio	175 mg
glicose	10 g

Calcule a concentração em quantidade de matéria de cloreto de potássio, na solução preparada segundo as instruções da bula. Sabendo que, para dados de soluto em massa, a concentração em quantidade de matéria é definida por:

$$C_{n,v} = \frac{m_1 \text{ (g)}}{M \text{ (g/mol)} \cdot V_{\text{solução}} \text{ (L)}}$$

Inicialmente, calcula-se a massa molar do cloreto de potássio.

Dados: $M(\text{K}) = 39,1 \text{ g/mol}$, $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$

$M(\text{KCl}) = 39,1 + 35,5 = 74,6 \text{ g/mol}$

Em seguida, calcula-se a quantidade de matéria e converte-se o volume para litro:

$$M(\text{KCl}) = \frac{75 \text{ mg} \cdot 1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} = 0,075 \text{ g} \quad V = \frac{500 \text{ mL} \cdot 1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0,5 \text{ L}$$

Determina-se, agora, a concentração em quantidade de matéria, substituindo-se os valores com as unidades apropriadas:

$$C_{n,v} = \frac{m_1 \text{ (g)}}{M \text{ (g/mol)} \cdot V_{\text{solução}} \text{ (L)}} = \frac{0,075 \text{ g}}{74,6 \text{ g/mol} \cdot 0,5 \text{ L}} = 0,002 \text{ mol/L}$$

Teor em massa por massa (título — δ)

O **título**, muito utilizado pela indústria, expressa a concentração em massa do soluto, ou solutos, por massa da solução. A **massa do soluto** (m_1) é normalmente expressa em gramas ou miligramas, enquanto a **massa da solução** (m) é expressa em grama, quilograma ou dag (100 g). Dessa forma, as unidades que comumente aparecem são: g/g, mg/g, mg/kg. A expressão do teor em massa por massa (δ) será:

$$= \frac{\text{massa do soluto (g)}}{\text{massa da solução (g)}} = \frac{m_1 \text{ (g)}}{m \text{ (g)}}$$

Se em um xampu específico existem 2,4 g de cloreto de sódio em cada 100 g de xampu, além de poder expressar o teor de NaCl como 2,4 g/100 g de xampu, podemos também representá-lo assim:

$$\delta (\text{NaCl}) = \frac{2,4 \text{ g}}{0,100 \text{ kg}} = 24 \text{ g/kg}$$

Outra forma comum de apresentar o título é em percentual.

4 DILUIÇÃO DE SOLUÇÕES

Em suas atividades, o químico necessita preparar soluções com concentração conhecida. Isso pode ser feito a partir da medida precisa da massa do soluto e do volume da solução, conforme a técnica apresentada no experimento da página seguinte. Outro procedimento seria diluir soluções de concentração conhecida.

O processo de diluição é muito usual no nosso cotidiano. Isso ocorre com materiais de limpeza, medicamentos, tintas etc. O processo de diluição consiste no acréscimo de solvente à solução. Ao fazermos isso, a quantidade do soluto permanece constante, mas a concentração (razão entre quantidade de soluto e volume da solução) altera-se.

Assim, poderemos ter as seguintes relações, diferenciando-se a solução inicial da final, utilizando, respectivamente, os índices *i* e *f*:

$$C_i = \frac{m_i}{V_i} \quad \text{e} \quad C_f = \frac{m_f}{V_f}$$

Como a quantidade de soluto não varia com a diluição, podemos, então, afirmar que m_i é igual a m_f . Igualando as equações anteriores, teremos:

$$m_i = m_f \rightarrow C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \rightarrow C_f = \frac{C_i \cdot V_i}{V_f}$$

O mesmo raciocínio pode ser empregado para soluções, cujas concentrações são expressas em quantidade de matéria por litro (mol/L). Nesse caso, igualando as quantidades de matéria iniciais e finais, obteremos a equação:

$$m_i = \frac{m_f \cdot V_i}{V_f}$$

Esse raciocínio permite-nos fazer cálculos para preparar soluções a partir de soluções concentradas por diluições.

Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo questionar a presença/ausência da álgebra de grandezas e do uso da Análise Dimensional em uma seleção de livros aprovados pelo PNLD 2018, comparando o método apresentado no capítulo 3 com o método tradicional, considerado de extrema memorização. Assim como apresentado na introdução, a falta de critério em relação ao uso das unidades e grandezas corretas não permite o aluno compreender totalmente as transformações realizadas nos exercícios e pode trazer confusão acerca dos procedimentos, gerando muitas vezes trocas de unidades e conseqüente confusão em relação as grandezas. Considerando a forma como a Análise Dimensional deve ser executada, tal uso correto é imprescindível para a correta utilização do método e possibilita ao aluno entender todas as etapas realizadas para a conversão de uma medida. Tal compreensão é considerada de extrema importância no ensino de conteúdos como cálculo estequiométrico, por exemplo, em que diversas conversões devem ser realizadas para se alcançar um objetivo. Assim como apontado por Yamada (2013) observa-se no Brasil uma obsessão do estudante pela memorização de fórmulas como condição *sine qua non* para o sucesso na realização de vestibulares e provas de concurso. O presente trabalho buscou demonstrar que o uso do método da Análise Dimensional em livros didáticos pode estimular a mudança nesse paradigma geral nacional, mudando a educação com base na memorização e derrubando sua conseqüente passividade.

Em apenas dois dos exemplos analisados da obra de Martha Reis a razão gerada pela regra de 3 apresenta explicitamente as unidades (pág. 81 e 82 – volume 2). Isso demonstra a falta de importância dada a coerência dimensional das conversões realizadas e pode, como conseqüência, alienar o aluno em relação ao processo de construção de conhecimento científico, uma vez que o impede de vivenciar como as fórmulas e relações matemáticas, que são passadas para memorização, são criadas. Além disso, ainda sobre a coleção *Química* de Martha Reis, observam-se diversas questões descontextualizadas e com um conteúdo muito avançado para o ensino médio que, portanto, podem ser consideradas desnecessárias.

Já na coleção *Química Cidadã* o oposto pôde ser observado, com grande parte dos exercícios sendo resolvidos com o auxílio da Análise Dimensional. Alguns outros tem sua resolução realizada mediante o uso de fórmulas, mas que ao mesmo tempo, apresenta as unidades representadas como tentativa de demonstrar ao aluno a dimensão obtida pela relação algébrica. E que além disso, as fórmulas não são colocadas como ponto principal da resolução do exercício.

Apesar de haver apenas um exercício resolvido (e por Análise Dimensional) em toda a obra de Mortimer e Machado, diversas fórmulas estão presentes nos três volumes, com uma série de exercícios para serem resolvidos. A dinâmica apresentada pela coleção difere dos outros 2 livros e apesar da alta presença de fórmulas, traz em cada capítulo uma sequência de questionamentos em forma de estudo dirigido para ser respondida pelos leitores. Dessa forma a utilização de fórmulas não é protagonista na apropriação do conhecimento por parte do aluno.

Referências Bibliográficas

BALDINATO, J.O.; PORTO, P.A.; 20 Anos de QNEsc: Uma História, Muitas Histórias. *Química Nova na Escola*, Vol. 37, Nº Especial 2, p. 166-171, 2015.

BRASIL.; Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Química. Brasília, 2012.

BRASIL.; Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Guia de livros didáticos: PNLD 2018: Química. Brasília, 2018.

CAIMI, F., E.; O livro didático no contexto do PNLD: desafios comuns entre as disciplinas escolares. X ANPED SUL, Florianópolis, outubro de 2014.

DAVIS, R, S; BARAT, P; STOCK, M; A brief history of the unit of mass: continuity of successive definitions of the kilogram. *Metrologia*, Volume 53, Number 5

ECHEVERRIA, A. R.; MELLO, I. R.; GAUCHE, R.; Livro Didático: Análise e utilização no Ensino de Química. *Ensino de Química em foco*, cap. 10

FILHO, R. C. R.; Grandezas e Unidades de Medida, Editora Ática S.A, São Paulo, 1988

GIORGIO ET AL; Uma proposta de aperfeiçoamento do PNLD como política pública: O livro didático como capital cultural do aluno/família, *Ensaio: aval. pol. públ. Educ.*, Rio de Janeiro, v.22, n. 85, p. 1027-1056, out./dez. 2014

PITANGA, Â. F. et al.; História da ciência nos livros didáticos de química: eletroquímica como objeto de investigação. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 1, p. 11-17, 2014

SANTOS, V, A.; MARTINS, L.; A importância do livro didático. Disponível em <http://revistas.unijorge.edu.br/candomba/2011-v7n1/pdf/3VanessadosAnjosdosSantos2011v7n1.pdf> Acesso em 17/05/2018

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*.

SILVA, I.; História dos pesos e medidas, São Carlos: EdUFSCar, 2004

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. Ensino de Química em foco, cap. 9

YAMADA, A. S.; Aplicação da Análise Dimensional em conteúdos de Química no Ensino Médio Brasileiro. Universidade de Brasília 2013