

doi 10.46943/X.CONEDU.2024.GT16.054

O CONCEITO QUÍMICO DE QUANTIDADE DE MATÉRIA NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2021: DEFINIÇÕES E ASPECTOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO MÉDIO

Sebastião Junior Teixeira Vasconcelos¹

RESUMO

Este estudo analisou a presença dos temas *quantidade de matéria* e sua unidade *mol* nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ensino médio do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2021. Essa versão do PNLD foi a primeira elaborada conforme as exigências da atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e reflete as diversas mudanças introduzidas pelo Novo Ensino Médio nos livros didáticos. O tema analisado é de grande relevância para o ensino de Química, sendo amplamente explorado na literatura especializada. Compreender e aplicar o conceito de *quantidade de matéria* são habilidades previstas na BNCC para o ensino médio (EM13CNT101), de modo que ao analisar o tema nas obras adotadas pelas escolas públicas, o estudo também permitiu verificar como as mudanças curriculares e conceituais refletiram na abordagem dos autores em suas obras. Foram analisados todos os volumes das quatro coleções aprovadas no PNLD de 2021 quanto a presença do tema, definição adotada, recursos didáticos e contexto apresentados. Empregou-se uma análise descritiva e diagnóstica dos resultados no intuito de organizar, quantificar e qualificar os resultados. O estudo identificou que, embora todas as obras adotem a nova definição de *mol*, não a exploram ou a contextualizam devidamente. Apenas uma obra amplia a discussão para além de texto e fórmulas, empregando analogias e ilustrações, recursos didáticos esses que eram amplamente utilizados nas obras do PNLD até 2018, especialmente, na introdução do tema. Desta forma, o estudo sugere que a nova definição de *mol*, aliada às

¹ Doutor em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), sebastiao.junior@ifce.edu.br

particularidades da BNCC e do atual modelo de livro didático, impactaram negativamente no tema *quantidade de matéria* nos livros didáticos, resultando em obras que apenas mencionam o tema e o aplicam em exercícios sem explorá-lo com mais profundidade, o que é preocupante para um assunto central na compreensão da Química básica.

Palavras-chave: PNLD 2021, Ensino de Química, Quantidade de matéria, Nova definição de mol.

INTRODUÇÃO

O livro didático pode ser definido em termos técnicos como um material impresso, estruturado e concebido para a finalidade do ensino (OLIVEIRA *et al.*, 2004). No entanto, é possível visualizá-lo também como uma espécie de meio de comunicação pelo qual a “mensagem escolar é transmitida” (LUCKESI, 2004). Independente da forma como se o defina, é inegável a importância do livro didático que, apesar da popularização dos recursos digitais, ainda é o principal meio para o ensino, especialmente, na escola pública.

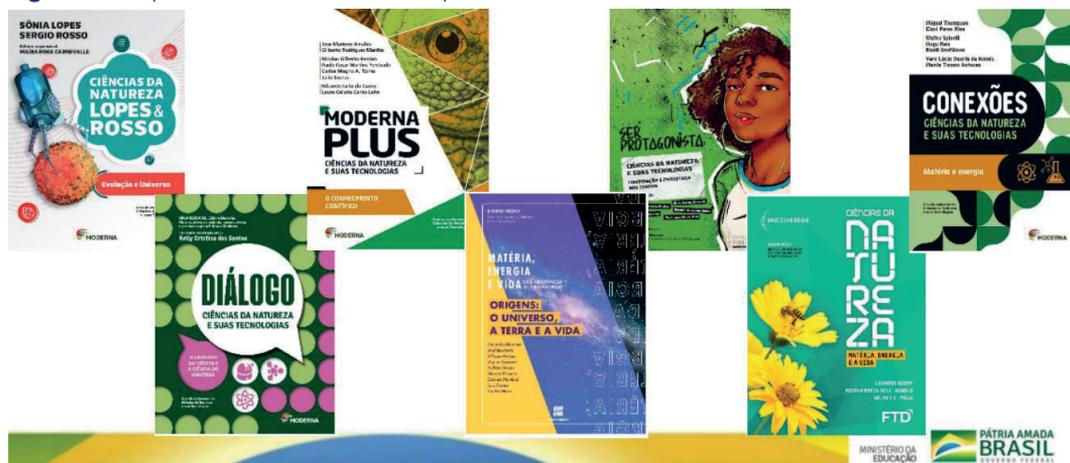
O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) surgiu em 1937, com outra denominação. Ele é, portanto, um programa voltado à distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública de ensino brasileira e iniciou-se, com outra denominação, Com o tempo, o programa sofreu adaptações. Atualmente, o PNLD é voltado à educação básica brasileira e atende estudantes do ensino fundamental e médio. O PNLD que tem contribuído para a compra e fornecimento de livros com melhor qualidade, com base em avaliação criteriosa das obras a serem distribuídas nas escolas públicas (AMARAL, L. de O.; SOARES, S. M.; MELO, M. S. de, 2020).

O livro didático, como produto de uma série de fatores para atender públicos específicos, sofreu grandes alterações com o advento do novo ensino médio e de sua Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que passou a exigir livros por área do conhecimento, e não por disciplinas. No caso das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, os conteúdos de Biologia, Física e Química passaram a compor obras em conjunto, com o objetivo de aumentar a disciplinaridade dos conteúdos.

A mais recente coleção de livros foi selecionada pelo PNLD 2021 para atender a necessidade dos educandos após a implementação do Novo Ensino Médio. Os livros desse PNLD não eram por disciplina, mas por área do conhecimento. Assim, as obras do quadriênio 2021 a 2024 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias reúne os temas de Biologia, Física e Química estão e de distribuem em seis volumes.

Para o quadriênio 2021 – 2024 o FNDE selecionou, cujas capas são indicadas na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Capas das obras selecionadas pela PNLD 2024.



Fonte: Ministério da Educação. Disponível em: <<https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/pnld/encontros/arquivos/Webinar Objeto2Dia2CNT.pdf>> Acesso em 17/10/202.

A NOVA DEFINIÇÃO DE MOL

No Sistema Internacional de Unidades (SI) a grandeza quantidade de matéria possui unidade mol, cujo símbolo também é mol. Trata-se de uma grandeza que relaciona a quantidade de entidades moleculares ou atômicas o que faz do mol uma das unidades mais relevantes da Química em todos os seus níveis.

Quantidade de matéria e sua unidade mol foram incluídas no SI em 1971, sendo a última grandeza a compor tal sistema. Quando de sua introdução no SI, a definição dada ao mol foi:

“O mol é a quantidade de substância de um sistema que contém a mesma quantidade de entidades elementares que átomos em 0,012 kg de ^{12}C . Seu símbolo é mol”. (BIPM; 2006, p. 25)

Neste caso, sempre há a necessidade de especificar as entidades envolvidas, como átomos, íons, moléculas, elétrons etc.

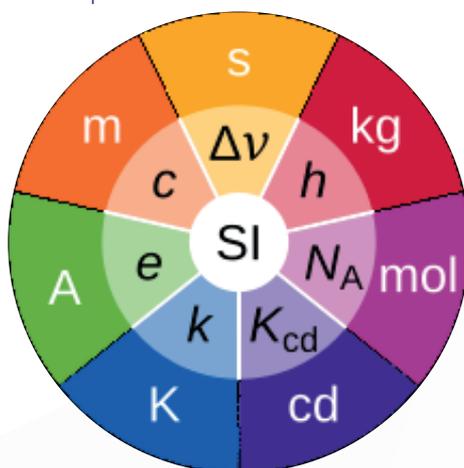
A definição dada ao mol se tornou ultrapassada devido à dois motivos. O primeiro é a sua dependência da definição de massa adotada à época que, por sua vez, também precisava de uma reformulação, pois dependia de um peso-padrão feito de uma liga metálica cuja precisão diminuía com o tempo (DAVIS, 2003). O segundo é o fato de a definição tratar de uma constante que se relaciona ao número de entidades presentes em 1 mol de qualquer substância. Este número

é o que se chama de constante (ou número) de Avogadro (N_A). Além de não o citar diretamente, a definição não explicita o seu valor exato, tratando-o como uma aproximação. Seu valor com três casas decimais é $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, o qual é amplamente utilizado.

O avanço tecnológico e a precisão crescente das medidas experimentais tornaram possível calcular o valor da constante de Avogadro de forma exata, por definição, em 2015 e resultou indicou $N_A = 6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (MARQUARDT, 2019). Mais do que o valor exato, este passou a compor a nova definição de mol do SI, adotada oficialmente pela IUPAC em maio de 2019. Desde então:

Um mol contém exatamente $6,02214076 \times 10^{23}$ entidades elementares. Este número é o valor fixo da constante de Avogadro, quando expressa em mol^{-1} (BINDEL, 2021)

Figura 2 – Unidades do SI e suas respectivas constantes universais.



Fonte: Wikipédia. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/International_System_of_Units>

Duas observações importantes a serem feitas sobre a atual definição. Primeiro, não há necessidade de se fixar uma massa de alguma substância (como se fazia antes para o carbono). No entanto, associar o mol a uma massa de substância tem a vantagem didática de criar uma correlação direta, enquanto conceber o mol pela constante de Avogadro dificulta o uso de analogias, uma abordagem muito efetiva para o aprendizado de ciências naturais, quando empregada corretamente (JUSTI; MENDONÇA; FERREIRA, 2005). Uma segunda observação é que, embora até hoje ainda se trate o mol como sendo o equivalente a massa atômica ou molecular expressa em gramas (fato corroborado pela definição

antiga), a definição atual deixa claro que o mol não se refere a uma massa, mas a uma quantidade definida de partículas.

Vejamos o caso da **Figura 3** que evidencia 1 mol de cada dos compostos.

Figura 3 – Diferentes massas de compostos que equivalem a 1 mol.



Fonte: Disponível em: <<https://chemistry-ia.blogspot.com/2015/07/the-mole.html>>

METODOLOGIA

Para o estudo, empregou-se uma análise qualitativa, descritiva e diagnóstica dos resultados, na qual os objetos de estudo (isto é, as obras) foram analisadas de modo crítico e imparcial. Esta abordagem está de acordo com a literatura (MALHEIROS, 2011) quando se pretende realizar uma análise crítica para compreender algum fenômeno presente em documentos analisados.

A metodologia empregada foi dividida em quatro etapas:

- Etapa 1: levantamento bibliográfico e identificação das obras. Nesta etapa, identificou-se as obras aprovadas no PNLD 2021 (quadriênio 2021 a 2024) para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. As obras foram consultadas nos sites das respectivas editoras, no período de fevereiro a junho de 2024, sendo a versão digital do manual do professor.
- Etapa 2: leitura sintética e crítica das obras. O objetivo era localizar os temas de interesse através das palavras chaves: “quantidade de matéria”, “mol” e “constante de Avogadro”. O foco da leitura era na apresentação dos conceitos, na forma como as definições eram apresentadas

e na presença de elementos de interesse didático, como analogias e ilustrações. Desconsiderou-se a presença dos termos no material de apoio para professores e eventuais presenças espúrias ao longo dos textos que não se associassem a apresentação das definições.

- Etapa 3: compilação e organização dos resultados. Neste ponto, as observações foram organizadas por obra e volume.
- Etapa 4: análise crítica dos dados. Por fim, as observações foram reanalisadas de modo a reunir informações de interesse.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das sete obras aprovadas pelo PNLD 2021, seis estavam disponíveis para consulta no período da realização deste estudo. As obras e volumes analisados estão indicadas no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Obras e volumes do PNLD 2021 analisados.

Obra	Volumes
L1 DE GODOY, L. P.; DELL'ANGNOLO, R. M.; DE MELO, W. C. Multiversos: ciências da Natureza. 1ª ed. São Paulo: FTD, 2020.	Matéria, Energia e Vida (v1) Movimentos e equilíbrios na natureza (v2) Eletricidade na sociedade e na vida (v3) Origens (v4) Ciência, Sociedade e Ambiente (v5) Ciência, Tecnologia e Cidadania (v6)
L2 LOPES, S.; ROSSO, S. Ciências da Natureza: Lopes & Rosso. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020.	Evolução e Universo (v1) Energia e Consumo sustentável (v2) Água, agricultura e Uso da terra (v3) Poluição e Movimento (v4) Corpo Humano e vida saudável (v5) Mundo tecnológico e Ciências Aplicadas (v6)
L3 MORTIMER, E, <i>et al.</i> Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2020.	Desafios contemporâneos das juventudes (v1) Evolução, Biodiversidade e Sustentabilidade (v2) Materiais e energia: transformações e conservação (v3) Materiais, Luz e som: modelos e propriedades (v4) Mundo atual: questões sociocientíficas (v5) Origens: Universo, Terra e a Vida (v6)

Obra	Volumes
L4 (INDISPONÍVEL) ZAMBONI, A.; BEZERRA, L. M. (editores). Ser Protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias. 1ª ed. São Paulo: Edições SM, 2020.	Composição e estrutura dos corpos (v1) Matéria e transformação (v2) Energia e transformações (v3) Evolução, tempo e espaço (v4) Ambiente e ser humano (v5) Vida, Saúde e genética (v6)
L5 SANTOS, K. C. DOS (organizador). Diálogo: Ciências da natureza e suas tecnologias. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020.	O universo da ciência e a ciência do Universo (v1) Vida na Terra: como é possível? (v2) Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia (v3) Energia e sociedade: uma reflexão necessária (v4) Ser humano: origem e funcionamento (v5) Ser humano e meio ambiente: relações e consequências (v6)
L6 AMABIS, J. M. et al. Moderna Plus: Ciências da natureza e suas tecnologias. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020.	O conhecimento científico (v1) Água e vida (v2) Matéria e energia (v3) Humanidade e ambiente (v4) Ciência e tecnologia (v5) Universo e evolução (v6)
L7 THOMPSON, M. et al. Conexões: Ciências da Natureza e suas tecnologias. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2020.	Matéria e energia (v1) Energia e ambiente (v2) Saúde e tecnologia (v3) Conservação e transformação (v4) Terra e equilíbrios (v5) Universo, materiais e evolução (v6)

Durante a análise dos arquivos digitais das obras observou-se que o tema aparecia diversas vezes, mas na maioria delas não contemplava o objetivo deste trabalho, pois não se associavam diretamente a apresentação dos conceitos ou suas definições. Na verdade, a maioria das menções apareceram no material complementar do manual do professor e, portanto, não se destinavam aos estudantes. Essas menções, evidentemente, não foram consideradas.

A presença das definições de mol, quantidade de matéria e constante de Avogadro estão indicadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Presença dos conceitos, das analogias e outros recursos didáticos.

Obra	Volumes	Definição apresentada*	Analogias	Contextos em que a unidade aparece	Forma de apresentação
L1	v1	Atual*	Não	Texto, problemas	Texto
L2	v1, v2, v5, v6 (mesmo texto)	Atual*	Não	Texto, problemas	Texto
	v4	Atual*	Não	Texto	Texto
L3	v3	Atual*	Sim	Texto, problemas, ilustrações	Texto e ilustrações
L4			Indisponível		
L5	v3	Antiga*	Não	Texto	Texto
	v6	Atual*	Não	Texto	Texto
L6	v1	Não cita, apenas expõe	Não	Texto	Texto
	v2	Atual*	Não	Texto	Texto
L7	v3	Atual*	Sim	Texto, problemas	Texto e ilustrações

*As obras indicam a nova definição, mas não citam a reformulação do conceito

Como se nota, todas as obras apresentam a definição atual de mol, sendo que apenas a obra L5 apresenta também, a definição antiga. Este ponto evidencia que os autores das obras reconhecem a atualização deste conceito. Vejamos como os temas são apresentados em cada uma das obras, conforme Tabela 2 a 10.

As Figuras 4 a 12 ilustram como o assunto é apresentado nos textos em recortes kiteraus dos textos.

Figura 4 – Conceito apresentado em L1 (v2, página 73)

VITORA FTD

Mol – Quantidade de matéria

A análise de átomos e moléculas, em termos de massa e número de partículas, por exemplo, é difícil de ser feita sem uma unidade de medida apropriada. Em função disso, através de uma série de debates e atualizações ao longo do tempo, a comunidade científica definiu que a unidade de medida para a quantidade de matéria, ou seja, átomos, moléculas, elétrons etc., seria chamada de mol.

Dentre muitos cientistas que contribuíram para a construção do conceito de mol, podemos destacar o físico italiano Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856), que propôs que, sob mesma temperatura e pressão, volumes iguais de gases diferentes possuem a mesma quantidade de moléculas. Com base nessa proposta, estipulou-se a **constante de Avogadro (N_A)**, que representa a quantidade de matéria presente em 1 mol e tem valor numérico igual a:

1 Mol = $6,02214076 \cdot 10^{23}$ unidades, o mesmo que 602214076000000000000000 unidades.

Nessa obra, utilizaremos valores arredondados, como $6,02 \cdot 10^{23}$ e $6 \cdot 10^{23}$.

Figura 5 – Conceitos apresentados em L2 (a - v1, p.116; v2, p.26; v5, p. 88 e v.6, p.62; b – v4, p. 24)

a

O **mol**, cujo símbolo é mol, é a unidade do Sistema Internacional de Unidades (SI) para a grandeza quantidade de matéria. Um mol contém exatamente $6,02214076 \cdot 10^{23}$ entidades químicas (átomos, moléculas, íons, partículas elementares etc.). Esse número é o valor fixado da constante de Avogadro.

b

:: Quantidade de matéria

As substâncias envolvidas em uma transformação química podem ser mensuradas em miligramas, gramas, quilogramas, toneladas e outras unidades de medidas de massa, de acordo com seu uso em laboratório ou na indústria. No entanto, ao nos referirmos às massas unitárias de átomos, íons e moléculas, seus valores são frações das unidades usuais. Por exemplo, a massa de uma molécula de água corresponde a $3,0 \cdot 10^{-23}$ g, valor muito baixo para ser quantificado com balanças convencionais.

De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida que deve ser utilizada para quantificar a matéria e relacioná-la com a quantidade em massa é o **mol**.

Um mol representa um valor constante de espécies químicas (átomos, moléculas, íons etc.), chamado constante de Avogadro, em homenagem ao cientista italiano Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro (1776-1856) por sua hipótese para a relação entre o volume dos gases (V) e o número de partículas (N_A) contidas nele. Esse valor foi obtido experimentalmente por vários cientistas, que usaram diferentes métodos, e está na base da definição atual de **quantidade de matéria (n)**: um mol corresponde a exatamente $6,02214076 \cdot 10^{23}$ partículas (íons, átomos, moléculas, elétrons etc.). Essa relação pode ser esquematizada da seguinte forma.

1 mol de	átomos moléculas íons	equivale a	$6,02214076 \cdot 10^{23}$	}	átomos moléculas íons
----------	-----------------------------	------------	----------------------------	---	-----------------------------

Figura 6 – Conceitos apresentados em L3 (a - v3, p.37; b - v3, p. 38)

A quantidade de matéria - mol

As respostas às questões da seção anterior estão relacionadas ao estabelecimento de uma unidade que expressa a grandeza **quantidade de matéria**, conhecida como **mol**.

Apesar de longo, o homem percebeu a conveniência de estabelecer unidades que facilitassem a medida das coisas. Essas unidades foram estabelecidas de forma mais ou menos arbitrária. Por exemplo, o sistema inglês de medida, ainda em uso na Inglaterra e nos Estados Unidos, baseou-se em partes do corpo para estabelecer medidas de comprimento: polegada, pé, jardas, braças, etc.

Para medir a quantidade de coisas, também foram inventadas medidas como a dúzia, o cento, etc. Essas medidas são usadas em feiras, mercados e supermercados para vender ovos, laranjas, telhas, entre outros produtos.

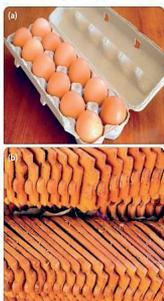


Figura 3.8 – A dúzia é uma medida utilizada para medir, por exemplo, a quantidade de ovos (a); o cento serve para medir a quantidade de telhas (b).

a

A unidade de medida mol também mede a quantidade de coisas, só que de coisas infinitamente pequenas, como átomos, moléculas, íons, elétrons, etc.

Mol é uma unidade do Sistema Internacional de Unidades para quantidade de substância. Um mol contém exatamente $6,02214076 \times 10^{23}$ entidades elementares.

Esse número é o valor numérico da constante de Avogadro, N_A , quando expresso em mol^{-1} , e é chamado de número de Avogadro (como você verá adiante).

A quantidade de substância, cujo símbolo é n , de um sistema é uma medida do número de entidades elementares especificadas. Uma entidade elementar pode ser um átomo, uma molécula, um íon, um elétron, qualquer outra partícula ou grupo de partículas.

Para compreendermos que significa essa unidade de medida e sua relação com a massa das substâncias, vamos fazer uma analogia. Imagine que você tenha de medir a quantidade de bolinhas de poliuretano que cabe em uma garrafa de refrigerante de 2 L. Se você colocar bolinhas pequenas, vai encontrar um número maior de bolinhas do que se optar por bolinhas com um diâmetro maior (figura 3.9).



Figura 3.9 – Na garrafa da esquerda, temos um número maior de bolinhas.

É possível pensar o mesmo em relação a átomos, moléculas e íons. Por exemplo, em uma amostra de 1 g de moléculas de hidrogênio, certamente há mais moléculas do que em uma mesma massa de moléculas de água, pois esta última pesa mais que a molécula de hidrogênio.

b

Se queremos comparar quantidades iguais de átomos, moléculas ou íons, devemos estabelecer uma unidade que tenha a mesma quantidade dessas partículas, mas em um número suficientemente grande para que possamos pesar essa quantidade. Essa unidade é o mol e equivale a $6,02 \times 10^{23}$ partículas, sejam átomos, moléculas, íons, elétrons, etc.



Figura 3.10 – Quantidade de diferentes substâncias que corresponde a 1 mol.

A relação entre esse número e a respectiva quantidade é conhecida como **constante de Avogadro** ($6,02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$) em homenagem ao químico italiano Amedeo Avogadro (1776-1856), que, no início do século XIX, deu contribuições importantes para o avanço da hipótese atômica formulada por John Dalton (1766-1844). Avogadro propôs uma hipótese que sugeria a possibilidade de "contar" átomos e moléculas.



Figura 3.11 – Amedeo Avogadro.

Um mol é uma quantidade suficientemente grande para que, por exemplo, essa quantidade de átomos de hidrogênio – o mais leve de todos os átomos – pese aproximadamente 1,0 g. Análogamente, a massa de $6,02 \times 10^{23}$ moléculas de água é de, aproximadamente, 18,0 g.

A relação entre essas massas e a respectiva quantidade é conhecida como **massa molar**. Dessa forma, a massa molar do hidrogênio atômico é igual a aproximadamente 1,0 g/mol e a massa molar da água, a aproximadamente 18,0 g/mol.

Numa publicação de 1811, Avogadro assim se referiu àquilo que mais tarde se tornaria conhecido como **hipótese de Avogadro** ou **lei de Avogadro**:

Tem de ser admitido que uma relação muito simples também existe entre os volumes de substâncias gasosas e o número de moléculas simples ou compostas que as constituem. A primeira hipótese a se apresentar em relação a isso, e aparentemente a única admissível, é a suposição de que o número de moléculas integradas em qualquer gás é sempre o mesmo para volumes iguais ou é sempre proporcional ao volume.

AVOGADRO, Amedeo about PARTINGTON, James Watson. *A History of Chemistry*. London: MacMillan, 1964. v. 4, p. 214. Tradução pelo autor.

A possibilidade de contar átomos e moléculas foi concretizada quase cem anos depois. Em 1913, o físico francês Jean Perrin (1870-1942) publicou um livro intitulado *Les Atomes* (figura 3.12), em que se referia a trinta maneiras diferentes de determinar a constante de Avogadro.

LES ATOMES



Figura 3.12 – Capa do livro Les Atomes, de Jean Perrin, 1913.

Não é fácil ter uma ideia de quanto grande é o número de partículas contidas em um mol e quanto pequenas são, portanto, as partículas que ele enumera. Escrito na forma de potência de 10 é conveniente, pois, se escrevemos na forma convencional, esse número seria muito grande. São tantos zeros que é mais simples escrevê-los na forma de potência de 10.

Na Atividade 3, a seguir, vamos realizar alguns cálculos para termos uma ideia da dimensão desse número.

Figura 7 – Conceitos apresentados em L5 (a - v3, p.74; b - v3, p. 76; v6, p.88)

A quantidade de componentes cuja massa pode ser medida com uma balança está associada ao conceito de mol.

a

Mol é a quantidade de matéria de um sistema que apresenta número de unidades elementares igual ao número de átomos contidos em 12 g de carbono-12 (C-12). No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida da grandeza denominada quantidade de matéria é o mol, que a quantidade de unidades elementares da matéria, envolvendo a massa de 1 mol de qualquer substância, chegam a um valor numérico próximo de $6,02 \cdot 10^{23}$ unidades da respectiva substância, ou seja, $6,02 \cdot 10^{23}$ unidades.



Amedeo Avogadro

Relação entre matéria e volume

O número $6,02 \cdot 10^{23}$, apresentado na página anterior, é conhecido como **constante de Avogadro** (N_A), em homenagem ao cientista italiano Amedeo Avogadro (1776-1856), que contribuiu para as bases teóricas do conceito de quantidade de matéria.

Segundo Avogadro, volumes iguais de diferentes gases, na mesma temperatura e pressão, apresentam mesma quantidade de moléculas ($6,02 \cdot 10^{23}$). Daí surgiu o conceito de volume molar.

Volume molar

Volume molar é o volume ocupado por um mol de partículas de um gás, ou seja, $6,02 \cdot 10^{23}$ partículas desse material, em uma dada temperatura (T) e pressão (P).

Os volumes das substâncias gasosas variam de acordo com a pressão e a temperatura em que se encontram. Em experimentos químicos, é comum trabalharmos em Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP). Isto é, a temperatura normal é de 0 °C (ou 273,15 K), e a pressão normal equivale a 1 atm ou 101 325 Pa, que equivale à pressão ao nível do mar. O volume molar de um gás qualquer, nas CNTP, é aproximadamente igual a 22,4 L.

Da mesma forma, os cálculos estequiométricos são utilizados para calcular, por exemplo, a massa molar das substâncias, eles também permitem calcular os volumes para substâncias gasosas. Veja o exemplo na próxima página.

b

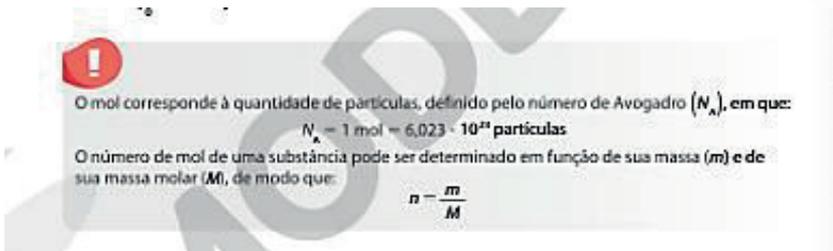


Figura 8 – Conceitos apresentados em L6 (a – v1, p.28; b – v2, p.40 - 41)

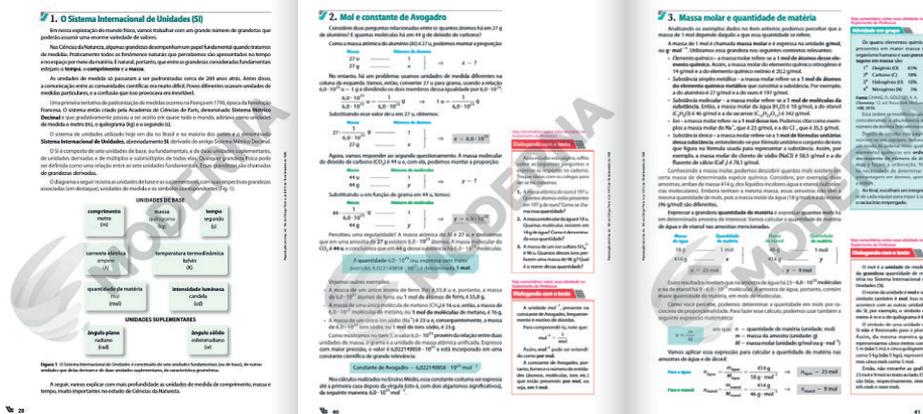
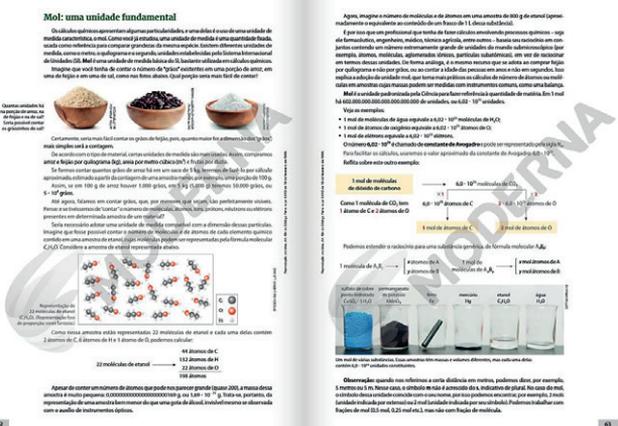


Figura 9 – Conceitos apresentados em L7 (v3, p.62 - 43)



Como era de se esperar, o conceito de quantidade de matéria, a unidade mol e a menção a constante de Avogadro são temas presentes em todas as obras, visto que há uma habilidade específica que envolve estes temas, a saber:

(EM13CNT10) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservação em sistemas que envolvam quantidade de maté-

ria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. (BRASIL, 2017; p. 555)

Portanto, ao incluir esses assuntos, as obras estão apenas atendendo as exigências legais previstas na BNCC. A análise a ser feita está para além da simples presença dos temas.

O texto apresentado nas figuras é a primeira menção ao assunto nas obras, figurando, geralmente, nos primeiros volumes de cada obra (com exceção de L2, L5 e L6, onde as definições são apresentadas em volumes diferentes) sendo, normalmente, o primeiro contato do leitor com o tema. O que realmente chama atenção é o fato de a maioria das obras não explorarem mais a fundo os conceitos apresentados. A maioria das obras sequer emprega ilustrações ou analogias, limitando-se a apresentar apenas texto e fórmulas. Isto cria uma evidente discrepância entre as obras, que pode ser visualizada claramente no diagrama da Figura 8.

Figura 10 – Recursos empregados nas obras para introduzir os conceitos de quantidade de matéria, mol e constante de Avogadro.

As obras L3 e L7 empregam além do texto, ilustrações e analogias, recursos que tendem a facilitar a compreensão do assunto. Ilustrações e analogias estão entre os principais recursos didáticos empregados em livros de Química na introdução de conceitos (BARBOSA; ROMERO; MONTEIRO, 2022), de modo que sua ausência na maioria das obras não está de acordo com a premissa de maior interdisciplinaridade proposta pelo Novo Ensino Médio, através da BNCC.

As analogias merecem destaque, visto que é elemento comum nos livros didáticos há décadas (MOL, 1999), sendo algumas delas muito comuns, como a que relaciona mol e unidades do dia a dia, como dúzia ou cento de unidades.

Um estudo que avaliou as analogias em obras do PNLD 2007 indicou que em quatro das seis obras aprovadas apresentavam pelo menos uma analogia para a temática quantidade de matéria (FRANCISCO JUNIOR, 2009). Já no PNLD das 2018 às seis obras apresentavam pelo menos uma analogia para esta temática (BARBOSA; ROMERO; MONTEIRO, 2022). Apesar da escassez de trabalhos deste tipo, é sugerido que a presença de analogias sobre o tema era

mais comum nas obras dos PNLD anteriores. A explicação pode estar no fato das obras terem perdido espaço o que acarreta ser necessário resumi-las. Antes do novo ensino médio, Biologia, Física e Química somavam nove volumes ao longo dos três anos finais da educação básica, após a mudança, ficaram apenas seis volumes. Logo, com uma redução aproximada em um terço do material didático é compreensível que os assuntos tenham ficados mais resumidos e pobres conceitualmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conteúdo deste trabalho evidenciou a presença dos conceitos de quantidade de matéria, sua unidade mol e constante de Avogadro nas obras aprovadas no PNLD 2021. Das seis obras analisadas, apenas duas se sobressaem empregando recursos que facilitam a compreensão dos leitores, isto é, ilustrações e analogias. Chama atenção a ausência de ilustrações e analogias para introduzir o tema na maioria das obras. O fato de a maioria das obras apenas mencionarem os temas e o aplicarem em exercícios sem explorá-lo. Os resultados obtidos em comparação aos disponíveis na literatura sugerem que as outras obras do PNLD valiam-se de mais recursos didáticos em seus textos para ensinar temas tão relevantes, não limitando-se apenas ao texto escrito, como fazem a maioria das obras do PNLD 2021.

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. de O.; SOARES, S. M.; MELO, M. S. de. 2020. **Utilização de analogias em seis livros didáticos de química aprovados no programa nacional do livro didático 2018: uma análise sobre estrutura atômica.** Revista Prática Docente. v. 5, n. 2, p. 1019-1039, 2020.

BARBOSA, E. K. M.; ROMERO, A. L.; MONTEIRO, P. C. Analogias relacionadas ao conteúdo-conceitual quantidade de matéria em livros didáticos de Química do Ensino Médio. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, 2022.

BINDEL, T. H. Introducing High School Students to the Avogadro Number and the Mole Concept Using Discovery with Calculations Based on Physical Properties of Elements, Crystal Structures, and ^{28}Si Spheres. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 3, 2021. BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2017.

Disponível em: < http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2024.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (BIPM). **Le Système international d'unités (SI)**. 8ª ed. Paris: Stedi Media, 2006. Disponível em: <<https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure>> Acesso: 14 mar. 2024. DAVIS, R. The Unit of mass. **Metrologia**, v. 40, n. 299, 2003.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, 2009.

LUCKESI, C. C. **Filosofia da educação**. São Paulo: Cortez, 1990.

MALHEIROS, B. T. **Metodologia da pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MARQUARDT, R. **The mole and IUPAC: a brief history**. *Chemistry International*, v. 41, n. 50, 2019.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias usadas no ensino de equilíbrio químico: compreensões dos alunos e papel na aprendizagem. **Enseñanza de Las Ciencias**. Número Extra. VII Congresso. 2005.

MÕL, G. de S. **O uso de analogias no ensino de Química**. 1999. Tese (Doutorado em Química) – Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

OLIVEIRA, J. B. A. *et al.* **A política do livro didático**. São Paulo: Sammus, 1984.