



UFRPE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA

THOMAZ DE SOUZA NINO

GÁS PERFEITO: Uma Análise do Conteúdo dos Livros Didáticos de Química do Ensino Médio

RECIFE

2018

THOMAZ DE SOUZA NINO

GÁS PERFEITO: Uma Análise do Conteúdo dos Livros Didáticos de Química do Ensino Médio

*Monografia apresentada a Coordenação de Química da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte
dos requisitos para a colação do Título de Licenciado em
Química.*

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luciano de Azevedo Soares Neto

RECIFE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

N716g Nino, Thomaz de Souza
Gás perfeito: Uma análise do conteúdo dos livros didáticos de
química do ensino médio / Thomaz de Souza Nino. . 2018.
50 f. : il.

Orientador: Luciano de Azevedo Soares Neto.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) . Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Recife,
BR-PE, 2018.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Química . Estudo e ensino 2. Didática 3. Material didático
I. Luciano de Azevedo Soares Neto, orient. II. Título

CDD 540

SUMÁRIO

1. RESUMO	4
2. INTRODUÇÃO	5
3. OBJETIVO	6
3.1. OBJETIVO GERAL	6
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	6
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
4.1. A IMPORTÂNCIA DO LIVRO DIDÁTICO	7
4.2. PNLDA	8
4.3. O MODELO DO GÁS PERFEITO	10
5. METODOLOGIA	15
6. ANÁLISE DOS CONTEÚDOS E DISCUSSÃO	16
6.1. LIVRO A	16
6.2. LIVRO B	17
6.3. LIVRO C	17
6.4. LIVRO D	18
6.5. LIVRO E	18
6.6. LIVRO F	19
7. CONCLUSÃO	22
8. REFERÊNCIA	23
9. ANEXOS	24
9.1. LIVRO A	24
9.2. LIVRO B	32
9.3. LIVRO C	36
9.4. LIVRO D	40
9.5. LIVRO E	42
9.6. LIVRO F	43

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da apresentação do conteúdo de gás perfeitos nos livros do ensino médio disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático as escolas públicas cadastradas no programa em todo o país. A escolha dos livros é feita através da lista disponibilizada pelo próprio programa em seu guia, sendo realizada a leitura das obras observando critérios de ilustrações, contextualização, linguagem e apresentação do conteúdo em comparação com o livro de referência utilizado amplamente em cursos de formação de professores de química. Observa-se linearidade nos critérios relacionados a estrutura geral do livro e a apresentação do conteúdo, com ausências do conteúdo em algumas obras ou apresentação incoerente e adequada também, mas, em geral, uma necessidade de melhorias dos livros didáticos oferecidos nas escolas públicas do nosso país que podem causar um prejuízo ao ensino dos estudantes.

Palavras . Chave: Livro Didático; Gás perfeito; Ensino de química.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the presentation of the contents of perfect gas in high school books made available by the national didactic book Program in public schools educational program throughout the country. The choice of books is through the list provided by the program itself in your guide, and the reading of works by looking at illustrations, contextualization, criteria language and presentation of the content in comparison with the book of reference widely used in training courses for teachers of chemistry. Linearity is observed on the criteria related to the general structure of the book and the presentation of the content, with absences of contention some works or incoherent and appropriate presentation too, but, in general, a need for improvements of the textbooks offered in the public schools of our country that can cause a prejudice to the teaching of students.

Keywords: Didactic Books; Perfect gas; Teaching chemistry.

1. INTRODUÇÃO

A ciência Química começou oficialmente a fazer parte do currículo escolar do Ensino médio no Brasil após a Reforma Francisco Campos, em 1931. Desde então o ensino dessa ciência tem tido diferentes abordagens e ênfases, dada a influência de contextos sociais, políticos e econômicos do nosso país. Por exemplo, no processo de industrialização a necessidade de técnicos em Química e a procura por cursos superiores na área de Química, levou o ensino de Química a um caráter tecnicista visando atender as demandas da economia vigente.

Nesse contexto, o Livro didático se apresenta como uma importante ferramenta tanto para os professores, na sua prática metodológica, quanto aos estudantes, como fonte de pesquisa e acompanhamento de conteúdo. Dada à importância desse material foi implantada pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) resolução nº 38, o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) em 2004, que tem por objetivo a universalização de livros didáticos no ensino médio de toda a rede pública do país. Tendo em vista essa universalização, a escolha dos livros e a revisão dos mesmos se torna muito importante para que não haja o comprometimento do ensino-aprendizagem.

Dentro desse contexto, buscamos contribuir com a melhoria dos livros didáticos de Química, escolhendo para análise e discussão um importante tópico: o estado gasoso, na intenção de verificar se a apresentação do mesmo encontra-se pertinente. O estado gasoso talvez seja um dos assuntos mais básicos não só para a Química, mas também a Física do ensino médio. O correto entendimento da natureza dos gases para quem está se iniciando em Química tem muita importância, pois é a porta de entrada para muitos outros assuntos como Forças Intermoleculares, Ligações Químicas, Termoquímica e tantos outros.

Na discussão do estado gasoso, escolhemos como ponto central do nosso trabalho o modelo do gás perfeito por ser parte importante no estudo da natureza dos gases em geral.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar como o modelo do gás perfeito é tratado em livros de Química do Ensino Médio.

2.2 Objetivos Específicos

Identificar livros didáticos de Química do Ensino Médio que se adequaram ao PNLD (Programa Nacional do Livro Didático);

Analisar a forma como o modelo do gás perfeito é detalhado nos livros de química do ensino médio que estão de acordo com o PNLD.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A IMPORTÂNCIA DO LIVRO DIDÁTICO

A ciência se faz em torno dos acontecimentos políticos e sociais no mundo, conseqüentemente o desenvolvimento da pesquisa em um país também varia de acordo com o grau de desenvolvimento de sua economia. O conhecimento científico produzido pelo homem ao longo de sua existência tem sido um fator importante na melhoria da qualidade de vida sob todos os aspectos.

Os conceitos científicos não são produtos da imaginação brilhante de gênios iluminados, que isoladamente teriam poder de mudar os rumos da ciência. Ao contrário, todo conhecimento científico é produzido por grupos de pesquisadores localizados em diferentes tempos históricos, em diferentes contextos socioeconômicos, em diferentes cenários políticos. (BRASIL, 2015.)

Ao tecermos os comentários acima sobre o conhecimento científico, queremos chamar a atenção para a relação de destaque que o ensino passa a exercer quando se pensa na transmissão de todo cabedal adquirido ao longo do tempo. Nesse contexto temos aí inúmeras nuances às quais toda a problemática do ensino se relaciona com as questões sociais, técnicas, pedagógicas, políticas e etc. E dentro de todos os aspectos importantes que podem estar relacionados com a boa prática do ensino, é claro que o papel e a atuação do professor é destaque.

Sabemos que a grande importância que o professor tem no processo de ensino aprendizagem pode ir mais além, sendo em muitos casos, o responsável por ser aquele que também desperta nos estudantes o interesse pela pesquisa científica, seja tecnológica ou não. Ou seja, além de ser peça chave no processo de ensino-aprendizagem, o professor pode também, na medida em que exerce bem seu papel, ser ele próprio àquele que vai despertar o estudante pelo gosto de fazer ciência.

Aprender ciências não é uma questão de simplesmente ampliar o conhecimento dos jovens sobre os fenômenos . uma prática talvez denominada mais apropriadamente como estudo da natureza . nem de desenvolver ou organizar o raciocínio do senso comum dos jovens. Aprender ciências requer mais do que desafiar as ideias anteriores dos estudantes, através de eventos discrepantes. Aprender ciências requer que crianças e adolescentes sejam introduzidos numa forma diferente de pensar sobre o mundo natural e de explicá-lo. (DRIVER et al., 1999, p. 36 in SCHNETZLER, 2004)

É claro que, em se destacando a posição e atuação do professor, sempre no que concerne à evolução de suas práticas e metodologias de ensino é que lembramos sempre de um grande recurso que é o Livro Didático. No ensino e melhoria das práticas didáticas

dos professores, e que cada dia mais são feitas pesquisas na área de ensino de ciências. Um elemento da prática professor que é muito importante também é o Livro didático que se caracteriza por ser uma ferramenta de apoio.

O Livro didático de Química veicula conceitos, informações e procedimentos desse campo científico. Especialmente para o professor, apresenta formas possíveis de ensinar, abordagens metodológicas e concepções de ciências, educação e sociedade. (BRASIL, 2015).

3.2 PNLD

O Livro didático é uma porta de entrada para cultura e para leitura. Muitas vezes, é o primeiro livro a que temos acesso, que nos inicia no hábito da leitura e do aprendizado, desenvolvendo assim o pensamento crítico. No Brasil, temos o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) que é responsável não apenas pela universalização dos livros didáticos utilizados pela rede pública, mas também pela sua distribuição gratuita para todos os estudantes desta rede de ensino.

O PNLD é um programa com mais de 80 anos de atuação no Brasil, tendo iniciado com outra denominação em 1937, e assumindo essa atual denominação em 1985. Antes de ter sua responsabilidade entregue ao FNDE, já esteve sob a responsabilidade de Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), pelo Instituto Nacional do Livro (INL), Fundação Nacional do Material Escolar (Fename), Fundação de Assistência Estudantil (FAE), sendo entregue integralmente ao FNDE em 1997. O programa também proporcionou um convênio em 1967, entre o Ministério da Educação (MEC) e a Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional (Usaid) que foi importante para a continuidade do programa através de um financiamento que garantiu autonomia para a distribuição de 51 milhões de livros num período de 3 anos, esse acordo foi finalizado em 1971.

No começo o PNLD não conseguia abranger todas as matérias, começando apenas com Matemática e Português, e com o passar dos anos e também o aumento dos subsídios foram se acrescentando gradativamente. Nem todas as séries eram contempladas também inicialmente apenas as turmas iniciais do Ensino Fundamental, atingindo o ápice apenas em 2005, onde todas as séries são contempladas não apenas com livros mais também dicionários bilíngues.

O PNLD é responsável atualmente pela distribuição de livros na educação básica das escolas inscritas no programa, correspondendo a um total de 117.690

escolas totalizando 152.351.763 exemplares distribuídos no ensino regular, e na educação de jovens e adultos (EJA) são 29.431 escolas resultando em 4.992.386 exemplares distribuídos (BRASIL, 2017).

O Programa tem como objetivo principal proporcionar um desenvolvimento igualitário no ensino através da utilização de livros com linguagens e abordagem dos temas de forma semelhantes em todo o país, respeitando uma série de padrões estipulados pelo MEC.

Para participar do programa é necessário firmar um termo de adesão disponibilizado no site do FNDE. Essa adesão poderá ser solicitada por escolas federais, estaduais, municipais e o Distrito Federal. Uma vez atendidos os parâmetros estipulados pelo MEC e firmado a adesão da escola, essa adesão será válida por prazo indeterminado podendo ser cancelada a qualquer momento mediante apenas a solicitação da escola através de seu órgão gestor.

As obras a serem oferecidas pelo programa as escolas participantes passam por critérios de avaliação e deve ser norteada por certos princípios que levam em consideração desde aspectos da legislação educacional e do conhecimento químico, dos pontos de vistas epistemológicos, teóricos e da linguagem.

Nesse sentido, os princípios e critérios de avaliação das obras consideram a Química como um conjunto de conhecimentos, práticas e habilidades, voltados à compreensão do mundo material nas suas diferentes dimensões, incluindo o contexto social de produção econômica. Assim, as relações sociais no mundo do trabalho, marcadas por processos de produção ligados à indústria química, bem como aos processos ambientais de geração, descarte e tratamento de resíduos, devem integrar esse conjunto de conhecimentos, suas práticas e habilidades. (BRASIL, 2017)

Tendo em vista a divulgação do programa, bem como esclarecimento sobre quais os critérios de avaliações, apresentação das obras aprovadas e uma série de instruções e textos que ajuda a nortear as escolhas dos livros oferecidos pelo programa por parte dos professores, o PNLD desenvolveu seu próprio Guia.

O guia do PNLD subdivide-se em seis critérios de avaliação são eles: Descrição da obra, Características gerais da obra, Conformidade com a legislação, Coerência do conhecimento químico na obra, Pressupostos teórico-metodológicos do ensino de química, Perspectiva orientadora presente no manual do professor. Fora esses critérios específicos ao qual as obras das editoras são submetidas, o guia ainda conta com artigos como: Por que ler o Guia?; Química no Ensino médio e sua relação com o Livro Didático;

Coleções aprovadas; Resenhas, Ficha de Avaliação e Referências. E todo esse trabalho é desenvolvido por várias equipes multidisciplinares e de vários os estados do país.

3.3 O MODELO DO GÁS PERFEITO

O principal objetivo do nosso estudo está relacionado diretamente com o modelo do gás perfeito. O modelo do Gás Perfeito é um tema extremamente básico para o estudante que está iniciando seus estudos no Ensino Médio, tanto em Química como em Física. Trata-se de um tema muito rico para ser explorado em seu aspecto histórico (leis dos gases), e nas relações entre a pressão, o volume, a temperatura, e a Termodinâmica Química entre tantos outros assuntos. Por isso é extremamente importante que o modelo do gás perfeito tenha uma boa apresentação e discussão nos livros didáticos de Química do Ensino Médio. Não vamos aqui descrever o modelo do Gás Perfeito como comumente encontramos nos livros de Química com histórico e etc. Como parte da Fundamentação Teórica de nosso trabalho, apresentaremos o assunto buscando uma melhor exposição e discussão, de forma que o estudante possa realmente perceber os principais fundamentos procurando inclusive detalhar melhor a relação do gás perfeito com os gases reais. Essa forma diferenciada já é encontrada em alguns livros de Físico-Química usados nas Universidades. O exemplo mais importante nessa linha é o Físico-Química volume 1 de P. W. Atkins e Júlio de Paula (ATKINS, P.; DE PAULA, J. As Propriedades dos Gases. In: ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Físico É Química**. 10ª Edição. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2017. p. 29-53) que é usado nesse nosso trabalho.

O gás perfeito tem seu comportamento reproduzido pela conhecida equação $PV = nRT$, onde:

P = Pressão, V = Volume, n = número de mol, R = constante universal dos gases, e T = Temperatura em Kelvin.

Além de se tratar de uma expressão matemática extremamente simples, a equação é excelente para exemplos numéricos em sala de aula. A equação dos gases perfeitos esconde por trás de sua simplicidade as características do modelo que representa.

Por exemplo, a equação não é exclusiva de nenhuma substância, mas de um grupo de substâncias que se comportam como gases perfeitos. É nesse ponto que consideramos um aspecto muito importante no modelo dos gases perfeitos e que dificilmente encontramos nos livros didáticos de química: no modelo dos gases perfeitos,

as partículas praticamente não interagem entre si. Esse aspecto é fundamental na descrição do gás perfeito.

Ao se pressupor que as partículas não apresentem interação entre si, poderemos ter uma situação interessante: teremos pouco gás (pouca substância) em um espaço muito grande (volume expressivo), de forma que as partículas não tenham contato entre si. Esse aspecto é muito importante por ser um ponto que no nosso entendimento torna o modelo do gás perfeito mais fácil de entendimento pelos estudantes e mais fácil para o trabalho do professor em sala de aula porque todo o gás real nessas condições passa a se comportar como um gás perfeito. Essa situação é apresentada e discutida em Atkins e De Paula 2017 (Décima Edição) na Figura que é reproduzida abaixo (FIGURA 1):

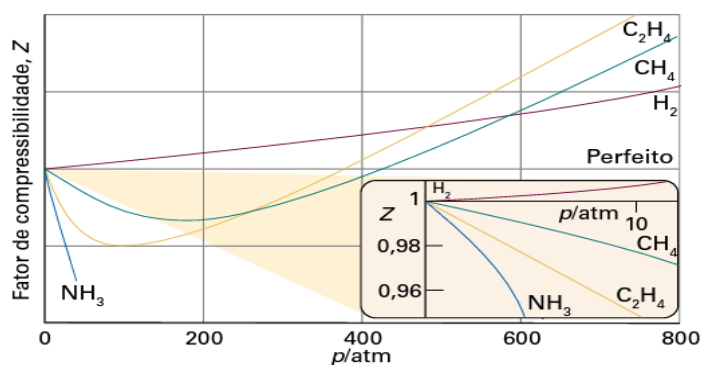


Figura 1C.3 Variação do fator de compressibilidade, Z , para diversos gases, em função da pressão a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para um gás perfeito, $Z = 1$ em todas as pressões. Observe que, embora as curvas tendam para 1 quando $p \rightarrow 0$, os seus coeficientes angulares são diferentes.

Figura 1: Figura extraída do livro Físico-Química volume 1 de P. W. Atkins e Júlio de Paula, 2017

A Figura 1 acima tem muita informação. O Fator de Compressibilidade Z é igual à PV/RT . O Gráfico mostra claramente que para $Z = 1$ temos o comportamento do gás perfeito, pois sendo $Z = 1$, e como $Z = PV / RT$, logo $PV = RT$, que é a equação do gás perfeito com $n = 1$.

Outra coisa muito importante sobre a Figura 1 é que de forma muito direta ela mostra que quando a pressão diminui se aproximando de zero, os gases reais H_2 , C_2H_4 , NH_3 e CH_4 se comportam como gás perfeito, pois os valores do Z deles também tende a

1. Isso é importante e demonstra a validade do modelo do gás perfeito, pois quando a pressão de um gás se aproxima de zero significa que temos muito pouco gás em um volume grande, ou seja, as partículas praticamente não interagem umas com as outras, ou seja, é exatamente o comportamento ideal.

A Figura 1 é um caso emblemático de como um tema tão importante em uma matéria como a Química pode ser tão bem explicado e conseqüentemente bem entendido. Entendemos que esse é um ponto extremamente importante que pode e deve ser mais explorado nos livros de Química do Ensino Médio, principalmente.

Em seu livro Fundamentos de Físico Química, Atkins apresenta os gases perfeitos sempre demonstrando através de dados a diferença entre o gás perfeito e os gases reais. No livro, por exemplo, são mostrados os valores do volume molar nas CNTP de vários gases reais. Os valores são todos bastante próximos de 22,4 litros, que é o volume de um mol de gás perfeito nas CNTP previsto pela equação $PV = nRT$.

Os desvios da lei do ponto de vista das interações ocorrem de acordo com a interação entre as moléculas. Na Figura 2 do livro Físico-Química Peter Atkins 10ª Edição, é descrita a relação entre a energia potencial e a separação entre as moléculas como se segue:

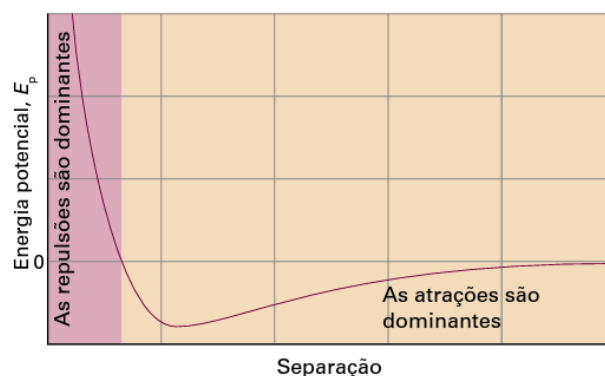


Figura 1C.1 Variação da energia potencial de duas moléculas em função da distância entre elas. A energia potencial muito grande, positiva, a distâncias muito pequenas, indica que as interações entre as moléculas são fortemente repulsivas nessas distâncias. Nas distâncias intermediárias, onde a energia potencial é negativa, as interações atrativas são dominantes. Em separações muito grandes (à direita), a energia potencial é nula e não há interação entre as moléculas.

Figura 2: Figura extraída do livro Físico-Química volume 1 de P. W. Atkins e Júlio de Paula, 2017

É importante termos em mente que as atrações entre as moléculas resultam na compressão do gás, e as repulsões pela expansão do gás. Logo, a relação apresentada na figura 2 vai nos dar uma ideia da atuação das forças de atração ou de repulsão entre as moléculas do gás. O comportamento descrito se mostra presente tanto em alta pressão, onde o espaço ocupado por um grande número de moléculas é pequeno, bem como também em temperaturas baixas onde a velocidade média das moléculas são pequenas a ponto de permitir uma molécula interagir com outra.

As consequências dessas interações podem ser vista através de estudos empíricos na forma das isotermas Figura abaixo. Vemos claramente que a isoterma que mais reproduz a isoterma do gás perfeito (50 °C). Abaixo dos 50 °C as isotermas se alteram, principalmente na região de baixo volume e pressões altas a moderadas, ou seja, nessas regiões os efeitos das interações entre as partículas fazem efeito e o gás não se comporta mais como gás perfeito.

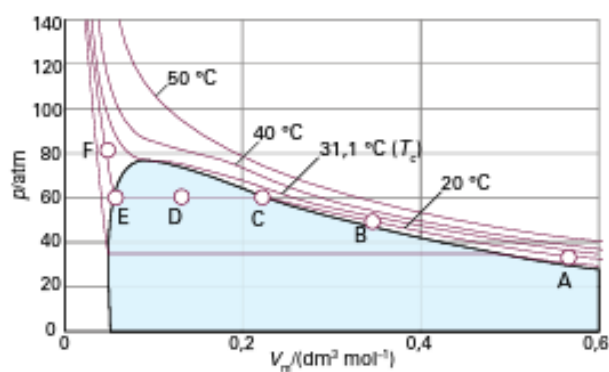


Figura 1C.2 Isothermas do dióxido de carbono obtidas experimentalmente em várias temperaturas. A "isoterma crítica", a isoterma na temperatura crítica, está a 31,1 °C.

Figura 3: Figura extraída do livro Físico-Química volume 1 de P. W. Atkins e Júlio de Paula, 2017

Destacamos nessa fundamentação do gás perfeito os pontos que julgamos essenciais que justificam esse nosso trabalho.

4. METODOLOGIA

O critério que usamos na escolha dos livros didáticos de Química do ensino médio a serem analisados foi o de fazerem parte da lista dos livros aprovados pelo PNLD na sua versão mais atualizada de 2018. Essa listagem se encontra disponibilizada no site Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (<http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/guia-do-livro-didatico>), no Guia do PNLD de 2018, onde se encontram inclusive todas as edições dos anos anteriores. O guia do PNLD apresenta artigos cujo os temas são: Por que ler o guia?; Química no Ensino médio e sua relação com o Livro didático; Princípios e Critérios de Avaliação; Coleções Aprovadas; Resenhas de Química; Ficha de Avaliação e Referências. No nosso estudo utilizamos apenas a lista dos livros aprovados.

A Análise das obras será com a leitura do capítulo referente ao Modelo do Gás Perfeitos, sendo observado:

- (a) estruturação do livro (ilustrações, contextualização dos assuntos e se apresenta experimentos.);
- (b) O comportamento do gás real, e quando ele se aproxima do modelo do gás perfeito;
- (c) o comportamento do gás real e sua correlação com as interações intermoleculares.

Usamos como livro de referência em relação ao conteúdo estudado o livro Fundamentos Físico-Química vol. 1 de P. W. Atkins e Júlio de Paula 1ª Edição, 2017 (Referência) por ser o mesmo quase que uma unanimidade no uso pelos cursos de graduação de Química, inclusive nas licenciaturas.

Os livros analisados foram chamados apenas de A, B, C e etc para evitar a identificação dos mesmos por questões éticas. Os conteúdos dos mesmos são listados no Anexo no final desse trabalho.

5. ANÁLISES DOS CONTEÚDOS E DISCUSSÃO

5.1 Livro A

O Livro começa descrevendo as características dos gases (compressibilidade, expansibilidade e difusão dos gases) faz toda a descrição dessas características e traz como conclusão a teoria cinética dos gases, essa é uma forma de abordagem, mas seria muito melhor trazer as características como consequências da teoria como elas são.

Traz ilustrações bem nítidas, bem descritas, que ajudam muito na elucidação das características. Trás também uma tabela que compara as propriedades relacionadas aos estados físicos.

O livro A possui uma formatação muito boa mesclando textos e experimentos simples, dando possibilidade ao professor de demonstrar o processo de construção dos conceitos científicos aos estudantes, o método científico, e apresenta os conceitos científicos. Apresenta uma linguagem de fácil compreensão, acessível e bastantes imagens, nítidas e descrições claras ajudando ainda mais na compreensão do assunto.

Em relação aos pontos de foco deste trabalho o livro não faz nenhuma referência sobre o comportamento real do gás, nem como as interações existentes do gás real justificam os estados físicos da matéria ou até mesmo as características dos gases (compressibilidade, expansibilidades e difusão) apresentando apenas a Teoria Cinética dos Gases, citando inclusive que ela tem limitações, mas não discutindo essas limitações deixando em aberto esse assunto.

O livro trata a Teoria Cinética dos gases apenas conceitualmente. A velocidade das partículas do gás é tratada através da equação da energia cinética e dá ênfase à questão dos choques entre as partículas seriam perfeitamente elástico.

Após a leitura detalhada percebe-se claramente as limitações do livro A por conta de apenas apresentar conceitos relacionados aos gases. Claramente não se explora o modelo do gás perfeito nem muito menos a correlação que poderia ser explorada entre o gás perfeito e os gases reais.

5.2 Livro B

Esse livro claramente faz uso da contextualização do assunto, tentando despertar a curiosidade dos estudantes e assim introduzir bem o assunto. Os exemplos de contextualização são interessantes porque tratam de coisas extremamente simples que envolvem os gases como pneu, spray, gás de cozinha e atmosfera.

O livro apresenta conceitualmente o gás perfeito relacionando o seu comportamento com os exemplos mostrados. O livro faz de forma explícita a relação entre o gás perfeito e o gás real quando afirma que: **Assim, concluímos que o comportamento de um gás real se aproxima progressivamente do modelo estabelecido para o gás ideal à medida que a pressão diminui e a temperatura aumenta.**

Os autores vão um pouco além ao afirmarem que a presença de uma partícula não afeta o movimento da outra. Claramente procuram relacionar os exemplos da contextualização com o comportamento do gás perfeito só que não exploram a questão da interação entre as partículas, apenas falam em a interação afetar o movimento.

Os autores poderiam explorar mais as diferenças entre o gás perfeito e o gás real.

O livro possui boas ilustrações com imagens nítidas e bem descritas, uma estrutura que intercala experimento com textos contextualizados, o que traz uma fluidez para o livro que junto com uma linguagem simples torna ele de fácil compreensão.

5.3 Livro C

O livro C tem como proposta pedagógica a construção dos modelos teóricos científicos através de investigação por questionários, experimentos simples, produção de textos, e a partir de todas essas atividades o estudante constrói o seu próprio conceito sobre o assunto abordado. Essa forma de abordar visa quebrar com o ensino puramente conceitual e de memorização, valorizando o pensamento crítico do estudante fazendo no final sempre alguns questionamentos bem provocativos.

A linguagem do livro é adequada aos estudantes e consegue fazer uma ligação entre os assuntos. Os autores iniciam a discussão com os estados físicos da matéria e só depois discutem apenas o estado gasoso. Tem o grande mérito de usar a experimentação para discutir o tema mas não discute o modelo do gás perfeito nem tampouco chega a fazer comparações com o gás real.

Apresenta bastante ilustração, algumas com baixa nitidez, todas as investigações se utilizam de experimentos com materiais simples e de fácil execução.

5.4 Livro D

Neste livro encontramos uma abordagem mais conteudista de ensino, com uma introdução contextualizada falando sobre a problemática do efeito estufa e como os gases são responsáveis por esse efeito. Em seguida apresenta a teoria cinética dos gases com a descrição completa do comportamento ideal do gás, e trabalhando bem as características do gás devido ao comportamento descrito. Como um texto de curiosidade explica resumidamente o que seria um gás ideal e real, e o que valida a teoria cinética dos gases.

O livro possui uma linguagem de simples compreensão, é bem ilustrado, imagens bem nítidas, e legendas bem descritas. Uma boa mescla de textos científicos, históricos e um texto em específico é muito bem trabalhado a questão da ciência, tecnologia e sociedade (CTS).

No que diz respeito aos assuntos em foco nesse trabalho conseguiu abordar, faltando apenas falar das interações intermoleculares e a relação com o comportamento do gás. Diferente dos outros livros, e que talvez possa ser um ponto negativo é que a explicação é feita como um texto a parte, sendo colocado mais como uma informação extra.

5.5 Livro E

O livro é introduzido com um texto histórico-científico falando sobre aerodinâmica, da criação do primeiro balão até os aviões. Depois temos um tópico de justificativa da importância que o conhecimento sobre o gás teve para a sociedade até agora, como a máquina a vapor, o estudo de fenômenos meteorológicos, por exemplo.

O livro apenas faz a descrição da teoria cinética dos gases após fazer todo o estudo das características dos gases, variáveis de estados e as leis dos gases. Apresenta textos realmente muito interessantes sobre Vapor e gás com uma linguagem simples e de fácil compreensão. Descreve também o manômetro, que é o equipamento para aferição da pressão de um gás fazendo referência de se tratar de material amplamente utilizado em várias indústrias.

Para fundamentar os conhecimentos sobre os gases, o Livro E descreve com conceitos a Teoria Cinética dos Gases, inclusive afirma se tratar apenas dos pressupostos da teoria. O livro acrescenta os fundamentos da Teoria Cinética dos Gases, citando Boltzmann e Maxwell. Claramente nesse ponto o livro apresenta caráter tecnicista, apenas citando conceitos, fazer discussão para relacionar os conceitos com as propriedades e comportamento dos gases. Os autores sequer citam a influência das interações entre as partículas mesmo citando a existência de choques entre as partículas.

Segue uma formatação bem estruturada apresentando uma intercalação entre textos bem contextualizados, conceitos científicos e experimentos. Bem ilustrado com imagens nítidas e bem descritas.

5.6 Livro F

Neste Livro temos o capítulo com um tema principal o gás oxigênio e sua importância para a vida na Terra onde é feito um estudo geral e uma subdivisão em temas. Dentro desses temas são trabalhados todos os aspectos referentes ao conteúdo programático.

Os assuntos são bem sequenciados, com linguagem acessível e com boa qualidade nas figuras e quadros.

Um subtema fala sobre as interações intermoleculares trazendo suas definições e sua relação com a temperatura de fusão e ebulição das substâncias. O livro faz uma narrativa excelente que permite ao aluno relacionar as interações entre as partículas com a temperatura de vaporização.

No segundo subtema, sobre o oxigênio, os autores abrem espaço para a descrição do gás perfeito de forma muito bem concatenada. São descritos os fundamentos do gás perfeito e a relação com a pressão alta e baixa. O texto deixa claro que a pressão baixa está intimamente relacionada com o gás perfeito, enquanto as pressões altas estão relacionadas com o gás real. Os autores também fazem referência direta ao efeito das interações entre as partículas, explicando inclusive a natureza eletrostática das interações.

Em termos da descrição do comportamento do gás real é feita a abordagem adequada. É muito bem explicado a questão de que a teoria cinética dos gases é um

modelo, e que esse modelo se justifica porque o gás apresenta as características descritas sob algumas condições (baixa pressão e altas temperaturas).

Entendemos ser o Livro F aquele que mais se aproxima da forma como entendemos que pode ser a mais adequada para descrever o modelo do gás perfeito e sua relação com o gás real. O livro F só não usou o fator de compressibilidade na sua explicação, que fecharia com chave de ouro seu conteúdo a respeito dos gases.

6. CONCLUSÃO

Com esse trabalho é possível verificar uma linearidade no que diz respeito a estrutura geral dos livros didáticos. Independente da proposta pedagógica empregada pelo autor, todos buscam uma maior contextualização dos conhecimentos científicos com o cotidiano visando aproximar o estudante desses conhecimentos. Busca-se diminuir assim as dificuldades que são muitas vezes inerentes ao processo de ensino e aprendizagem.

Vemos como um fator positivo a contextualização observada em todos os livros, dada à necessidade de se aproximar do cotidiano dos estudantes. Esse fato é importante por conta do estilo atualmente adotado pelas questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que exige do estudante uma maior interpretação de textos fazendo uso da interdisciplinaridade, além é claro, da aplicação dos conhecimentos nas mais diversas situações.

Pela proposta inicialmente descrita nesse trabalho, concluímos que o livro que tem a melhor apresentação do gás perfeito, foi o livro F. Como a descrição do Modelo do Gás Perfeito que utilizamos é parte de um livro muito usado nos cursos de formação de professores, acreditamos que as tendências observadas nos livros didáticos de Química do Ensino médio passarão a incorporar a mesma narrativa. Acreditamos que a forma de descrever o Gás Perfeito mostrando claramente seu desvio de comportamento quando comparado ao gás real seja a forma mais adequada para o real aprendizado do estudante do Ensino Médio.

7. REFERÊNCIAS

ATKINS, P.; DE PAULA, J. As Propriedades dos Gases. In: ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Físico É Química**. 10ª Edição. Vol. 1. Rio de Janeiro: LTC, 2017. p. 29-53.

BRASIL. **Guia de livros didáticos: PNLD 2015: química: ensino médio**. . Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2014. 60p.: il.

BRASIL, **Dados estatísticos do Livro Didático**. Disponível em:
<<http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/dados-estatisticos>>
Acessado em 25/06/2018.

BRASIL, **Histórico do Programa Nacional do Livro Didático**. Disponível em:
<<http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/historico>>. Acesso em 25/06/2018

COSTA, E.; LIMA, R.; SANTOS, J. C. **A Importância dos Livros Didáticos no Ensino de Química: Uma Análise dos Livros de Química na Escola Estadual Orlando Venâncio dos Santos**.- Campina Grande . PB: II Congresso Nacional de Educação, 2015.

PRODONOV, C.; FREITAS, E. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico É** Novo Hamburgo: Feevale, 2013.- 2ª Edição.

SÁ, Helena; SILVA, Roberto. **Tema de Gases no Ensino Médio de Química: Problemas e Perspectivas É** Poço de Caldas . MG: SBQ, 2002.

SCHENETZLER, Roseli. **A Pesquisa no Ensino de Química e a Importância da Química Nova na Escola**. II Química Nova na Escola.- 2011.- pp. 49-54.

SIGANSKI, Bruna; FRISON, Marli; BOFF, Eva. **O Livro Didático e o Ensino de Ciências**.- Curitiba: UFPR

8. ANEXO 1 É O Conteúdo dos Livros Didáticos sobre o Gás Perfeito

8.1 Livro A

Você sabia que a atmosfera da Antártida sofre um processo de degradação, embora praticamente não haja atividade humana no local?

É que as moléculas dos gases estão em constante movimento e dispersam-se por toda a atmosfera. A dispersão atenua os efeitos de alguns gases tóxicos em determinadas regiões, mas não elimina o problema e se globaliza. É por esse motivo, que o acidente nuclear de Chernobyl contaminou vários países da Europa. É por isso também que o fenômeno de chuvas ácidas, provocado pela produção de gases de enxofre em usinas termelétricas no Sul do Brasil, afeta o Paraguai. Portanto, uma propriedade básica dos gases, como a dispersão, é um dos motivos que tornam a poluição atmosférica um problema de caráter mundial, envolvendo aspectos políticos e econômicos.

Para buscar soluções para tais problemas, é preciso compreender bem as propriedades dos gases. Por isso, vamos estudá-las.

Com base na observação de vários fenômenos, elaboraremos um modelo científico, ou seja, uma representação do mundo real, que nos permitirá compreender o comportamento dos gases e, de forma geral, da matéria.

Compressibilidade dos gases

No experimento acima, você deve ter notado que foi mais fácil comprimir o êmbolo da seringa cheia de ar do que daquela com água. Por que isso ocorreu? Que modelo explicaria esse comportamento?

Se você considerar que tanto a água quanto o ar são formados por partículas . no caso, moléculas . , você já tem aqui o esboço de um modelo científico, ou seja, uma representação da realidade. Imagine, agora, essas partículas sendo comprimidas. É possível comprimir mais as moléculas do gás porque há mais espaços vazios entre elas.

Isso nos leva à primeira conclusão:

Utilizando o nosso modelo, podemos representar os três estados de agregação da matéria por partículas. No estado gasoso, elas estão muito afastadas. Nos estados sólido e líquido, as partículas estão mais próximas umas das outras; no primeiro, elas estão

mais organizadas do que no estado líquido. Com esse modelo, é possível explicar porque líquidos e gases têm formas variáveis, enquanto os sólidos têm forma fixa.

Difusão dos gases

COMPARAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE SÓLIDOS, LÍQUIDOS E GASES			
Propriedade	Sólidos	Líquidos	Gases
Volume	definido (fixo)	definido (fixo)	forma do recipiente que o contém (variável)
Forma	definida (fixa)	forma do recipiente em que está contido sem, necessariamente, ocupar todo o seu volume (variável)	forma do recipiente em que está contido (variável)
Compressibilidade relativa	muito pouca	muito pouca	grande
Densidade relativa	grande	grande	pequena

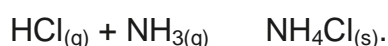
Figura 4: Tabela retirada do Livro A
 poderá ser demonstrado pelo seu professor, caso sua escola possua um laboratório de Química dotado de uma capela.

Um tubo de vidro bem limpo e seco, de um metro de comprimento, é fixado na horizontal em um suporte. Simultaneamente, coloca-se, em uma extremidade, um chumaço de algodão umedecido com ácido clorídrico (HCl) e na outra extremidade um chumaço umedecido em amônia (NH₃). Após cerca de 15 segundos, nota-se a formação de um anel branco.

Em um experimento desse tipo, observou-se que o anel foi formado a 59,4 cm do algodão com amônia e a 40,6 cm do algodão com ácido clorídrico.

ATENÇÃO! Não tente reproduzir em casa esse experimento, pois nele se utilizam substâncias potencialmente perigosas.

O anel branco observado no tubo é a substância cloreto de amônio (NH₄Cl), que, em temperatura ambiente, é um sólido. Essa substância é produzida na reação, conforme a equação química:



Para a reação ocorrer, é necessária a interação entre as moléculas do cloreto de hidrogênio e as da amônia, o que só aconteceu a uma certa distância das extremidades.



moléculas se espalham rapidamente pelo ar e sentimos o aroma porque algumas delas chegam ao nosso nariz.

O ácido clorídrico (HCl) e a amônia (NH₃) são gases que estão dissolvidos em água. Ao abrirmos um frasco de uma dessas soluções, rapidamente percebemos o seu forte odor característico, pois esses gases se difundem no ambiente. No experimento em questão, tivemos uma evidência desse processo. No tubo, as moléculas dos gases difundiram-se, ou seja, elas se movimentaram.

A diferença de velocidade dos gases deve-se à diferença de massa de suas moléculas. A massa de uma molécula de ácido clorídrico é maior do que o dobro da massa de uma molécula de amônia. Por isso, o deslocamento das moléculas de ácido clorídrico é bem mais lento. O que nos leva à segunda conclusão de nosso modelo científico:

As moléculas dos gases estão em constante movimento. Por isso, eles podem se expandir, ocupando todo o volume do recipiente.

Expansibilidade

A expansibilidade decorrente de variações de temperatura é outra importante propriedade dos gases e poderá ser observada no próximo experimento.

Você já sabe que as moléculas dos gases estão em constante movimento. Consequentemente, elas devem chocar-se contra as paredes do recipiente que as contém. Quando sopramos uma bexiga, injetamos nela moléculas de ar que a pressionam, fazendo-a aumentar de tamanho. No caso de um balão lacrado, a quantidade de moléculas que ele contém é constante. Vamos observar se o modelo que estamos utilizando pode justificar essa variação. Sabe-se que um corpo em movimento possui energia cinética. Energia é a capacidade de um sistema realizar trabalho, ou seja, produzir uma força para deslocar um corpo. Vejamos os fatores relacionados à energia cinética. Para isso, pense:

Que veículo em movimento produzirá maior trabalho, ou seja, será capaz de provocar um maior deslocamento de outro carro, se houver um choque entre eles:

a) Um fusquinha ou um caminhão?

b) Um carro em uma rodovia na velocidade regulamentar de 80 km/h ou um carro de Fórmula 1 em um autódromo à velocidade de 200 km/h?

Pela análise das questões acima, percebe-se que a energia cinética está relacionada à massa e à velocidade. Estudos físicos sobre a energia cinética demonstram que ela pode ser descrita pela equação matemática:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Em que E_c representa a energia cinética; m , a massa da partícula; e v , sua velocidade.

As moléculas gasosas estão em constante movimento, ou seja, possuem energia cinética. Em nosso modelo, para explicar os resultados experimentais, podemos acrescentar a ideia de que a energia cinética das moléculas está associada à temperatura. Quanto maior for a temperatura de um gás, maior será a energia cinética e a velocidade de suas partículas gasosas e, conseqüentemente, maior será o volume ocupado por este, ou seja, maior será a sua expansão. Daí chegamos à seguinte conclusão:

Quanto maior a temperatura, maiores serão a energia cinética e a velocidade das partículas gasosas.

Estudos mais detalhados sobre o comportamento dos gases demonstram que a energia cinética média das partículas de um gás é proporcional à temperatura. Dessa forma, podemos considerar que a temperatura corresponde a uma dada energia cinética média das moléculas dos gases.

Se dois gases encontram-se a uma mesma temperatura, suas moléculas têm a mesma energia cinética média. Demoramos a perceber o cheiro de certas substâncias porque suas moléculas são mais pesadas e, conseqüentemente, de velocidades menores.

No caso do experimento apresentado na página 116, percebeu-se que as moléculas do ácido clorídrico apresentaram menor velocidade de difusão do que as moléculas de amônia. Se ambas estavam na mesma temperatura, então, de acordo com o nosso modelo, tinham a mesma energia cinética média (E_c), ou seja:

Para manter essa igualdade, a velocidade das moléculas de HCl deve ser maior do que a massa de NH₃, então a velocidade das moléculas de HCl deve ser maior do que a velocidade das moléculas de NH₃.

$$E_c(\text{HCl}) = E_c(\text{NH}_3)$$

Logo, $\frac{m_{\text{HCl}} \cdot v_{\text{HCl}}^2}{2} = \frac{m_{\text{NH}_3} \cdot v_{\text{NH}_3}^2}{2}$

Figura 6: Figura retirada do Livro A

Essa teoria também explica por que é mais fácil sentirmos o cheiro das substâncias a temperaturas mais elevadas. A velocidade das moléculas de uma substância depende da energia cinética, que, por sua vez, é proporcional à temperatura. Portanto, quanto maior a temperatura, maior a velocidade das moléculas e mais facilmente será percebido o cheiro. O modelo apresentado foi capaz, até aqui, de explicar o comportamento de alguns gases sob determinadas condições. Veja a seguir como ele ficou. A validade de um modelo está na sua capacidade de explicar a maior quantidade possível de fenômenos. Por isso, os cientistas fizeram uma série de estudos sobre o comportamento dos gases e estabeleceram diversas leis. As leis obtidas permitiram a elaboração da teoria cinética dos gases, que, até hoje, tem sido muito bem-sucedida na explicação do seu comportamento. O modelo que desenvolvemos até aqui apresenta as ideias básicas dessa teoria. Veremos adiante as leis que deram suporte a ela.

Modelo explicativo do comportamento dos gases

1. Os gases são constituídos por partículas . no caso, moléculas . que se encontram muito afastadas umas das outras.
2. As moléculas dos gases estão em constante movimento. Por isso, eles podem se expandir.
3. A temperatura de um gás está relacionada à energia cinética média de suas partículas. Quanto maior a temperatura, maiores a energia cinética e a expansão dos gases. Quanto menor a temperatura, menores o movimento das moléculas e o volume ocupado pelo gás.

Teoria cinética dos gases

O comportamento dos gases ideais pode ser explicado pela Teoria Cinética dos Gases, derivada das leis até aqui estudadas. Segundo essa teoria, os gases consistem em grande número de partículas que se movimentam livremente. É com base nessa

característica que se explica, por exemplo, a propriedade de difusão, a qual os gases se espalham e se misturam com outros.

A partir dessa teoria se elaborou um modelo de partículas para os gases, que se baseia no movimento das moléculas, ou seja, na sua energia cinética. Até aqui, aprendemos as seguintes ideias sobre a Teoria Cinética dos Gases: os gases são formados por inúmeras moléculas extremamente pequenas, em comparação com as distâncias que as separam e com o tamanho do recipiente que as contém. Assim, o volume do gás é igual ao espaço ocupado pelas suas moléculas em movimento, o que corresponde ao grande espaço vazio existente entre elas. A massa do gás é igual à soma das massas de suas moléculas. A velocidade de deslocamento das moléculas depende da sua massa e, portanto, da sua composição.

A Teoria Cinética dos Gases foi desenvolvida, a partir de relações matemáticas obtidas no estudo dos gases, por meio de medidas precisas do comportamento das três variáveis do estado gasoso, que estabeleceram as três leis dos gases.

A explicação do comportamento dos gases, previsto pela Teoria Cinética dos Gases, foi desenvolvida de forma a considerar que os choques entre as moléculas, extremamente pequenas, seguem um comportamento diferente entre corpos maiores como os que estamos habituados em nosso cotidiano. Vejamos uma comparação: em um trio elétrico as pessoas dançam em movimentos aleatórios. Assim, quem vai atrás do trio elétrico tem de estar disposto a levar muitos encontrões, mesmo que faça todo o possível para se desviar das outras pessoas. Em nosso modelo de gases, apesar de as partículas estarem proporcionalmente mais afastadas do que as pessoas atrás do trio elétrico, a possibilidade de colisões é infinitamente maior: além de haver muito mais moléculas do que foliões, elas se movimentam muito mais rapidamente do que os foliões. O movimento é absolutamente caótico.

Segundo a teoria cinética: ao contrário de você, que perde energia após cada esbarrão, considera-se que os choques entre as moléculas ou com as paredes do recipiente se dão sem alterar a sua energia cinética, que pode ser denominado $\%choque$ perfeitamente elástico+.

Se não fosse assim, as moléculas perderiam energia a cada choque e, após certo tempo, estariam paradas. Isso significa que um balão, em pouco tempo, diminuiria de

tamanho. Se assim fosse, as nossas festas de aniversário seriam sempre com balões murchos, e os carros modernos não poderiam ter o conforto da elasticidade proporcionada pelos pneus, pois seriam todos rígidos, como os das carruagens antigas.

Mas será que todas as moléculas têm a mesma energia cinética? Assim como há foliões que pulam mais rápido do que outros, as moléculas no estado gasoso também se movimentam com diferentes velocidades. Elas não têm a mesma quantidade de energia. Como vimos, a relação matemática que define a temperatura termodinâmica do gás refere-se à energia cinética média de todas as moléculas.

Outro pressuposto dessa teoria é considerar que as moléculas tenham volume desprezível. Lembre-se que, de acordo com a equação dos gases ideais, à temperatura de 0 K, o volume dos gases seria nulo.

Como vimos, todas essas proposições sobre o movimento das partículas microscópicas explicam muito bem o comportamento macroscópico dos gases.

Assim, temos evidências para aceitá-las. Um dos seus princípios básicos é considerar que os gases são formados por partículas. Dessa forma, a teoria cinética dos gases configura-se também como uma evidência das teorias atomistas que consideram a matéria constituída por partículas.

O estudo que desenvolvemos neste capítulo ilustrou, por meio de medidas precisas, que permitiram o estabelecimento das leis dos gases, como podemos elaborar leis expressas por relações matemáticas e, com base nessas, elaborar teorias. A maioria das teorias e dos modelos estudados em Química foi desenvolvida dessa maneira.

Deve-se destacar que as teorias têm suas limitações. E, apesar disso elas podem contribuir para a maior compreensão do complexo mundo microscópico e o desenvolvimento de uma infinidade de produtos. Assim como temos elaborado leis ideais, também buscamos modelos ideais para a nossa sociedade: um desenvolvimento compatível com a meta da sustentabilidade ambiental.

Do que foi visto, podemos sintetizar a teoria cinética dos gases nos seguintes enunciados:

1. Os gases são formados por moléculas extremamente pequenas e com volume desprezível em comparação às distâncias que as separam e ao tamanho do recipiente que as contém.
2. As moléculas gasosas movimentam-se livremente ao acaso, em todas as direções e sentidos.
3. A velocidade das moléculas depende de sua massa e, portanto, da natureza do gás.
4. As moléculas, como todo corpo em movimento, têm energia cinética.
5. A energia cinética está relacionada à temperatura e à natureza do gás.
6. Da colisão contínua das moléculas contra as paredes do recipiente que as contém resulta a pressão do gás.
7. A energia cinética das moléculas conserva-se durante os choques destas com as paredes do recipiente ou com outras moléculas.

8.2 Livro B

O gás ideal

- As nuvens nem têm forma definida nem volume constante. Isso significa que são feitas de gás?
- Como o ar dentro dos pneus consegue sustentar o peso de um carro?
- Por que não podemos aquecer ou incinerar nenhuma embalagem de aerossol ou *spray*?

Para responder a essas perguntas e a muitas outras que surgem no nosso dia a dia, como quando cozinhamos um alimento, observamos um veículo movido a GLP (gás liquefeito de petróleo) ou enchemos balões para uma festa, precisamos entender como um gás se comporta.

O comportamento, ou estado, de um gás é caracterizado quando conhecemos os valores exatos de seu volume, de sua pressão e de sua temperatura. Essas grandezas são denominadas variáveis de estado de um gás.

Cada conjunto específico de valores de volume, pressão e temperatura caracteriza um estado diferente do gás.

Não podemos observar o comportamento das partículas (átomos ou moléculas) de um gás, mas podemos fazer vários experimentos com os gases e, a partir do resultado desses experimentos, criar um modelo para o comportamento dessas partículas.

A teoria cinética dos gases . ou teoria do gás ideal . é isso: um modelo (logo, sem existência física real) utilizado para explicar de modo geral o comportamento dos gases.

Que tal fazer alguns experimentos com gases antes de começar a estudar essa teoria? Podemos usar o ar atmosférico, uma mistura em que a maioria dos constituintes se encontra no estado gasoso.

Há muito tempo o comportamento dos gases fascina e intriga as pessoas. Justamente por não podermos ver as partículas de um gás, temos que imaginar como elas se comportam. O modelo do gás ideal foi proposto com base na resposta para algumas perguntas, em destaque a seguir.

Antes de ver a resposta, tente imaginar um modelo que possa explicar por que os gases se comportam dessa maneira e depois compare seu modelo com o que foi proposto pelos cientistas.

Por que as partículas de gás não se depositam no solo pela ação da gravidade?

Os cientistas admitiram que todo gás é formado por partículas minúsculas que se movimentam velozmente, de modo livre e desordenado. Esse movimento é denominado agitação térmica, porque depende diretamente da temperatura do gás. Por exemplo, a velocidade média das partículas dos gases existentes no ar atmosférico, em condições ambientes (25 °C e 1 atm), é da ordem de 1 400 km/h.

Por que os gases podem ser comprimidos e por que se expandem e se contraem com a variação da temperatura?

Tente responder a essa pergunta propondo um modelo que possa explicar por que os gases geralmente têm baixa densidade, misturam-se homoganeamente uns com os outros, podem ser facilmente comprimidos e expandem-se espontaneamente, dilatando-se ao absorver calor, por exemplo. E então, conseguiu? O que os cientistas

admitiram é que as partículas de um gás estão muito afastadas umas das outras, e o espaço que elas ocupam é desprezível em relação ao espaço vazio que existe entre elas. Desse modo, a atração que as partículas de um gás ideal exercem umas sobre as outras também é desprezível; o movimento de uma partícula praticamente não interfere diretamente no movimento de outra.

Por que um gás exerce pressão uniforme nas paredes do recipiente que o contém?

Para explicar essa observação, os cientistas admitiram que as partículas de um gás movem-se ao acaso, segundo trajetórias retilíneas que só são interrompidas quando elas colidem umas com as outras ou contra as paredes do recipiente que as contém. A pressão exercida por um gás dentro de um recipiente resulta justamente dos choques das partículas contra as paredes, que ocorrem de forma perfeitamente elástica, sem variação da energia cinética total (considerando que não haja diferença de temperatura entre o gás e o meio externo, pois nesse caso as moléculas do gás poderiam perder ou ganhar energia cinética).

O choque que ocorre entre duas partículas do gás é também perfeitamente elástico, isto é, a energia cinética total de duas partículas que colidem permanece inalterada, embora uma partícula possa perder energia para outra durante a colisão.

Note que, estando em movimento contínuo, as partículas de um gás possuem uma energia cinética (E_c) que depende da massa (m) e da velocidade (v) das partículas:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Mesmo considerando um único elemento ou uma única substância, de modo que todas as partículas tenham a mesma massa, a velocidade (energia cinética) de uma partícula específica pode ser diferente da de outra partícula em dado instante. Por isso, define-se para as partículas de um gás uma **velocidade média** e uma **energia cinética média**. Essa energia cinética média é diretamente proporcional à temperatura termodinâmica do gás (T).

$$E_c = kT \text{ (em que } k \text{ é uma constante de proporcionalidade)}$$

Logo, podemos admitir o seguinte modelo de comportamento para um **gás ideal**:

“ O volume que um gás ideal ocupa é igual ao volume do recipiente que o contém. O volume das partículas é desprezível em relação ao volume do recipiente.

“ A pressão que o gás exerce é o resultado das colisões das partículas do gás contra as paredes do recipiente que o contém; essas colisões ocorrem sem variação da energia cinética total (desde que o gás esteja em equilíbrio térmico com o meio externo).

“ A temperatura termodinâmica (T) é diretamente proporcional à energia cinética média das partículas que constituem o gás.

Observe que **a energia cinética depende da massa do gás e a temperatura não depende.**

Note que esse modelo de comportamento proposto pela teoria do gás ideal afasta-se sensivelmente daquele observado na prática para um gás real em condições de pressão muito alta e/ou temperatura muito baixa. Nessas condições, o volume do gás diminui bastante, e as partículas ficam mais próximas, passando a interferir uma no movimento da outra, sofrendo **forças de atração intermolecular** (que no modelo de gás ideal são consideradas desprezíveis).

Assim, concluímos que o comportamento de um gás real se aproxima progressivamente do modelo estabelecido para o gás ideal à medida que **a pressão diminui e a temperatura aumenta**, condições que propiciam um grande afastamento entre as partículas (gás rarefeito), de modo que a presença de uma partícula não afete o movimento da outra. Tudo o que veremos sobre o comportamento dos gases baseia-se no modelo da teoria do **gás ideal**.

Com base nesse modelo, você já consegue responder, por exemplo, à pergunta: como o ar dentro dos pneus consegue ~~su~~ sustentar o peso de um carro?

Dentro do pneu de um automóvel, o choque das partículas dos gases contra as paredes internas do pneu (que ocorre igualmente em todas as direções) é que o mantém cheio por igual (sem deformações). Logo, o ar dentro dos pneus exerce uma determinada pressão interna. O fabricante do veículo indica a pressão necessária em cada pneu, de modo que, no total, os quatro pneus juntos exerçam uma pressão igual à do peso do carro (lembre-se de que o peso é uma força).

Dessa forma, o ar dentro dos pneus consegue ~~su~~ sustentar o peso do veículo.

Mudanças de estado

Sabemos que o **estado de um gás** fica definido quando conhecemos os valores exatos de seu **volume**, de sua **pressão** e de sua **temperatura**. Se houver qualquer alteração em, pelo menos uma dessas três variáveis, dizemos que o gás sofreu uma mudança ou transformação de estado.

Um recipiente que contém um gás cujo comportamento está sendo investigado é considerado um **sistema**. Os limites que definem o espaço de um sistema, separando o do restante do Universo, podem ser denominados **fronteiras**. Já o meio ambiente imediatamente próximo às fronteiras do sistema é denominado vizinhança. Um sistema pode ser classificado como:

~ **Isolado**: todo sistema que não permite troca de massa ou de energia com o meio ambiente.

~ **Fechado**: todo sistema que não permite troca de massa, mas permite troca de energia (na forma de calor) com o meio ambiente.

~ **Aberto**: todo sistema que permite troca de massa e de energia com o meio ambiente. Nas transformações de estado que ocorrem em **sistemas fechados**, o número de partículas do gás contido no sistema é sempre constante, não importando a variação que ocorra com a pressão, o volume ou a temperatura.

Para estudar como as variáveis de estado se inter-relacionam em sistemas fechados, os cientistas mantiveram uma delas constante e observaram a variação das outras duas.

O resultado desse estudo foi estabelecido experimentalmente, mas é possível acompanhar o que ocorre por meio de ilustrações, como as que apresentaremos ao longo deste capítulo.

8.3 Æ Livro C

UM MODELO PARA OS ESTADOS FÍSICOS DOS MATERIAIS

Já estudamos algumas propriedades dos materiais e vimos como eles se comportam nas mudanças de estado físico. Essas propriedades foram úteis tanto na identificação dos materiais quanto na escolha dos processos de separação de misturas.

Neste capítulo, vamos discutir critérios que nos permitem classificar os materiais como sólidos, líquidos ou gasosos. Vamos também propor um modelo para explicar a constituição dos materiais, para nos ajudar a entender as propriedades dos sólidos, líquidos e gases e materiais coloidais. Além disso, convidamos você a propor os próprios modelos, na tentativa de explicar os fenômenos da natureza que foram observados.

Solte sua imaginação e não se preocupe se seus modelos não coincidirem com os científicos. O Objetivo é dar-lhe oportunidade de confrontar suas ideias sobre a constituição dos materiais com aquelas construídas pela ciência ao longo da História.

CLASSIFICANDO OS MATERIAIS EM SÓLIDOS, LÍQUIDOS OU GASOSOS

Na atividade de *Investigação* a seguir vamos iniciar o nosso estudo sobre alguns critérios para classificar os materiais.

INVESTIGAÇÃO

O QUE FAZER

1º Defina, com suas palavras, sólido, líquido e gás.

2º Forme um grupo com seus colegas e discutam a elaboração de critérios gerais que permitam classificar qualquer material.

3º Construam, no caderno, um quadro com duas colunas. Na primeira, indiquem os **Materiais e objetos** (sólidos, líquidos, gasosos) e, na segunda, os **Critérios para a classificação desses materiais** elaborados no item anterior.

4º Classifiquem os materiais e objetos relacionados a seguir em sólidos, líquidos ou gasoso, justificando de acordo com os critérios adotados no quadro construído no item anterior. Caso vocês queiram sugerir outras classificações, poderão fazê-lo.

MATERIAIS E OBJETOS

- água;
- algodão;
- açúcar;
- ar;

- banha;
- barra de chocolate;
- bloco de madeira;
- bolhas que desprendem de um refrigerante;
- esponja de aço para limpeza;
- farinha;
- gás de cozinha;
- gasolina;
- giz;
- iogurte;
- limalha de ferro;
- massa de modelar;
- mel;
- moeda;
- mola;
- neblina;
- nuvem;
- parafuso de ferro;
- plástico de encapar cadernos;
- serragem;
- tecido de algodão;
- vidro;
- xampu;

REFLEXÃO

1º Escreva um parágrafo descrevendo o que você aprendeu com esta atividade.

CONSTRUINDO UM MODELO PARA OS MATERIAIS GASOSOS

Com a atividade anterior foi possível perceber que alguns critérios não são suficientes para classificar todos os materiais. Antes de aprofundar a discussão sobre os estados físicos dos materiais e decidir sobre outro(s) critério(s) de classificação, vocês vão fazer algumas experiências simples e propor um modelo para explicar os resultados obtidos. Os modelos serão muito úteis na compreensão de como os materiais se constituem.

À medida que vocês forem estudando, cada vez mais entenderão o significado da palavra "modelo". Por enquanto, basta pensar que modelo é uma imagem da realidade que construímos para nos ajudar a entendê-la. Portanto, deve haver aspectos comuns entre ele e a realidade para que uma possível transformação na natureza seja representada por alguma modificação no modelo. Isso não significa que o modelo tenha de ser uma cópia da realidade. Ele deve apenas representá-la.

Um modelo é uma representação da realidade que construímos para nos ajudar a entendê-la.

A CONSTRUÇÃO DE UM MODELO PARA OS MATERIAIS A PARTIR DO COMPORTAMENTO DE GASES

Começamos a construir nosso modelo investigando o comportamento dos gases. A hipótese de que um gás seja constituído de partículas muito pequenas que se movimentam no espaço vazio é um modelo interessante para explicar algumas propriedades apresentadas pelos gases. Assim, é possível comprimir o ar numa seringa porque as partículas, no estado gasoso, estão bastante afastadas. Ao comprimir o êmbolo da seringa, as partículas do gás (no caso estudado, o ar) ficam mais próximas entre si, diminuindo o espaço vazio entre elas.

Da mesma forma, ao aquecermos um tubo de ensaio com um balão, as partículas de ar distanciam-se umas das outras por causa do aumento da temperatura, que provoca o aumento da energia cinética e conseqüente aumento do movimento das partículas.

Com esse mesmo modelo, buscamos explicar por que um gás se espalha rapidamente pelo ambiente. Suas partículas estão suficientemente separadas e possuem energia cinética relacionada ao movimento. Desse modo, a tendência do gás é difundir-se pelo ambiente. O movimento ao acaso das partículas do ar colabora para essa difusão.

A partir da atividade da página 110 concluímos que as partículas que constituem os materiais são infinitamente pequenas. Apesar de a atividade envolver o permanganato de potássio em água, usando um material sólido em outro líquido, as conclusões são válidas para grande parte dos materiais conhecidos, inclusive os gases.

Podemos sistematizar esse modelo, que é conhecido como **modelo cinético** **É molecular ou modelo de partículas**, dizendo que:

- Os materiais gasosos são constituídos por partículas infinitamente pequenas, que se movimentam continuamente no espaço vazio por possuírem energia cinética;
- Essas partículas praticamente não interagem, o que significa que não existem forças atrativas ou repulsivas significativas entre elas.

Dessa forma, num gás podemos considerar que as partículas existem individualmente, pois não há interação significativa entre elas. Como essas partículas são muito pequenas para serem visíveis, geralmente um gás é invisível. Nos gases existe

uma grande distância entre as partículas, o que explica por que os materiais gasosos podem ser facilmente comprimidas e dilatados.

A energia cinética das partículas é diretamente proporcional à temperatura. Em primeiro lugar isso implica que quanto maior a temperatura, maior é a energia cinética das partículas. Em segundo lugar, que as partículas sempre estão em movimento, mesmo a temperaturas muito baixas, pois essas temperaturas são diferentes de zero kelvin (K). A **escala Kelvin** de temperatura, na qual 0 °C equivale 273 K, é chamada **escala de temperatura absoluta**, pois a temperatura nessa escala é sempre positiva. No zero dessa escala, cessaria todo o movimento das partículas. Portanto, teoricamente, o chamado **zero absoluto** não pode ser atingido.

Quando aquecemos um material gasoso o movimento de suas partículas aumenta, e quando resfriamos, ele diminui. É por isso que, num dia quente, o gás se espalha mais rapidamente que num dia frio.

REFLEXÃO

7º) Descreva as principais características do modelo de partículas para o estado gasoso.

8º) Que aspecto do modelo cinético-molecular está associado ao movimento das partículas de um gás?

9º) Quando você descasca um mexerica, as pessoas à sua volta sentem o cheiro da fruta.

a) Como você explica o fenômeno de o cheiro se espalhar?

b) Por que o cheiro seria menos perceptível no inverno?

10) Ao pressionar o êmbolo da seringa é possível observar a formação de gotículas. Explique por que isso ocorre.

8.4 Livro D

O COMPORTAMENTO DOS GASES

Características e variáveis dos gases

Teoria cinética dos gases

O estudo dos gases é feito pelo comportamento de suas partículas, que podem ser átomos ou moléculas. Como não é possível vê-las, elaborou-se um modelo teórico para descrever as características mais importantes do comportamento gasoso. Esse modelo é chamado **teoria cinética dos gases**.

Segundo essa teoria, as partículas de matéria no estado gasoso estão mais afastadas umas das outras do que nos estados líquidos ou sólido. Essas partículas estão em movimento constante e desordenado, chocando-se entre si e com as paredes do recipiente que as contém.

A observação do comportamento dos gases possibilita o levantamento de algumas características importantes.

- Toda porção de substância em estado gasoso possui **massa**, e o **volume** ocupado corresponde ao volume do recipiente que a contém. Dessa forma, é possível que uma mesma quantidade de gás ocupe diferentes volumes, respeitando um limite mínimo de distância entre suas partículas.
- As partículas estão em constante movimento, colidindo com as paredes do recipiente que as contém. Elas exercem uma força de dentro para fora que é distribuída pela superfície das paredes. A intensidade da força por unidade de área das paredes dá o valor da **pressão**.
- A variação de temperatura também influencia o volume ocupado pelas substâncias em estado gasoso. Essas substâncias, quando sob aquecimento, sofrem **dilatação** devido ao aumento da intensidade do movimento e, conseqüentemente, ao aumento da distância entre suas partículas. A redução na temperatura causa comportamento oposto, ou seja, o movimento das partículas se torna mais lento e a distância entre elas diminui, provocando a contração da substância.
- Essas substâncias também podem ser misturadas em um processo chamado **difusão gasosa**, dada a facilidade que os gases têm de se dispersar em outro meio gasoso. A rapidez desse processo depende da mobilidade das partículas no meio em que elas são colocadas.

SAIBA MAIS

Gases ideais e reais

Um gás **ideal** (ou perfeito) corresponde a um gás cujas partículas apresentam as seguintes características:

- Têm volume considerado nulo em relação ao volume ocupado pelo gás;
- Chocam-se elasticamente, isto é, sem perda de energia cinética;
- Estão em constante e desordenado movimento;
- Não estão sujeitas a forças de atração ou repulsão.

O comportamento do gás ideal pode ser visto apenas em determinadas condições, como baixas pressões e altas temperaturas. Alguns gases, porém, podem exibir comportamento próximo do ideal mesmo nas condições ambientes.

A maioria dos gases, quando em altas pressões ou baixas temperaturas, sofre contração; com isso, a proximidade entre suas partículas aumenta, e as forças que atuam entre elas . atração e repulsão . não podem ser desprezadas. Nessa situação, os gases passam a ter comportamento real.

8.5 Livro E

Como explicar o comportamento dos gases?

As leis dos gases são importantes porque permitem fazer previsões quantitativas sobre o comportamento de um gás. Mas, a partir dessas leis, como podemos fazer deduções a respeito do que ocorre com as unidades constituintes do gás?

O fato de os gases terem comportamentos semelhantes nas diferentes transformações gasosas sugeriu que deviam existir semelhanças no comportamento de suas moléculas.

Assim, da mesma forma que as leis ponderais das reações conduziram Dalton à criação da teoria atômica, as leis dos gases foram explicadas por meio da **teoria cinética dos gases**, um modelo desenvolvido durante o século XIX por vários cientistas, entre os quais os físicos Ludwig Boltzmann (1844-1906) e James Clerk Maxwell (1831-1879).

Vamos resumir os pressupostos dessa teoria:

- Um gás é constituído de moléculas (ou átomos), separadas umas das outras por distâncias significativamente maiores do que suas próprias dimensões. Por isso pode-se considerar que os volumes das moléculas em relação ao volume da amostra gasosa sejam desprezíveis.
- As moléculas de um gás estão em constante movimento em todas as direções e podem chocar-se umas com as outras. Essas colisões são elásticas, isto é, não provocam alteração no total de energia cinética das moléculas que colidem (não há transformação da energia cinética em outras formas energia).

Apesar disso, a energia pode ser transferida de uma molécula a outra, de modo que o total de energia do sistema permaneça constante.

- As unidades constituintes de um gás não exercem atração nem repulsão significativas entre si.
- A energia cinética média das moléculas de um gás é proporcional à temperatura termodinâmica (K) da amostra.

Falamos em energia cinética média, pois as moléculas têm velocidades diferentes (tanto em módulo como em direção e sentido), que são alteradas a cada colisão.

Como você sabe, toda a teoria ou modelo é formulada para explicar uma série de conclusões experimentais. A teoria cinética dos gases, desenvolvida na segunda metade do século XIX. Foi capaz de explicar as leis de Boyle, Charles, Dalton e Gay-Lussac, além de ser coerente com os estudos sobre calor e temperatura desenvolvidos por James Prescott Joule(1818-1889) e William Thomson (Baron Kelvin,1824-1907).

A abordagem desta coleção está voltada somente para os pressupostos essenciais dessa teoria, sem os aprofundamentos quantitativos que envolvem cálculos complexos. Ainda assim, é possível compreender que ela é capaz de explicar as leis anteriormente abordadas.

8.6 Livro F

TEMA 1 - OBTENÇÃO DO GÁS OXIGÊNIO A PARTIR DO AR ATMOSFÉRICO E AS INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

• TEMPERATURA DE EBULIÇÃO E INTERAÇÃO INTERMOLECULARES

Propriedades macroscópicas (como volume e densidade) de gases, líquidos e sólidos nas condições ambientes de temperatura e pressão estão relacionadas com o modo pelo qual as entidades elementares (moléculas, átomos ou íons) que os constituem interagem. Em uma substância molecular no estado gasoso, o fato de as forças atrativas entre suas moléculas serem mais fracas do que entre as moléculas de uma substância molecular na fase líquida faz com que, no gás, as moléculas fiquem quase totalmente livres para se moverem aleatoriamente, ocupando, assim, todo o espaço disponível. As moléculas de uma substância no estado sólido, no entanto, estão tão fortemente atraídas umas pelas outras que não podem mover-se facilmente, o que resulta em um volume fixo e não dependente do recipiente que o contém. Já em um líquido, as forças atrativas entre as moléculas são fortes o suficiente para mantê-las próximas, mas permitem que elas também tenham certa mobilidade e, por isso, a forma como o líquido se dispõe no espaço depende do formato do recipiente que o contém.

Com base no que foi discutido anteriormente, pode-se inferir que a mudança da fase líquida para a gasosa, por exemplo, requer o rompimento de forças atrativas entre as moléculas. Assim, a temperatura de ebulição deve estar intrinsecamente relacionada à magnitude dessas forças. De fato, quanto mais intensas as forças atrativas entre as moléculas de uma substância, maior sua temperatura de ebulição, uma vez que uma quantidade maior de energia deve ser fornecida à amostra dessa substância para que ocorra o rompimento das forças atrativas entre suas moléculas.

As forças atrativas entre as moléculas têm natureza eletrostática. Mesmo em espécies químicas eletricamente neutras (como as moléculas), em alguns casos a distribuição dos elétrons não é totalmente simétrica, o que faz com que existam regiões com maior e menor densidade de carga negativa, indicadas, respectivamente, por δ^- e δ^+ . Assim, surgem interações eletrostáticas entre as regiões com carga parcial positiva de determinada molécula e as regiões com carga parcial negativa de moléculas vizinhas, e vice-versa. Essas interações, chamadas interações intermoleculares ou de van der Waals,

ocorrem tanto entre moléculas polares como entre moléculas apolares. Este último nome foi dado em reconhecimento ao trabalho do físico holandês Johannes Diederik van der Waals (1837 - 1923) nesta área. Outros cientistas, entre eles o físico alemão naturalizado estadunidense Fritz W. London (1900-1954), contribuíram com os estudos de van der Waals.

TEMA 2 É O GÁS OXIGÊNIO E OS PROCESSOS METABÓLICOS: ESTUDO DE MISTURAS COM COMPONENTES GASOSOS.

SISTEMAS GASOSOS

Como foi visto no tema anterior, o estado de agregação das substâncias moleculares depende da intensidade das interações intermoleculares estabelecidas. Essas substâncias apolares ou pouco polares e com pequena massa molecular geralmente são gasosas em condições ambiente.

O estado de agregação desses gases será estudado a partir de sistemas gasosos constituídos por gases reais, os chamados gases reais, em condições de pressão e temperatura por distâncias muito maiores que as distâncias em temperaturas mais próximas, e as interações intermoleculares passam a ser mais próximas, e as interações intermoleculares passam a ser mais significativas. De modo geral, todos os gases se comportam como ideais em certas condições e como não ideais (ou reais) em outras. Ao longo deste capítulo, com o objetivo de simplificação dos estudos, será considerado apenas o comportamento ideal dos gases.

Nessas condições, as entidades elementares (átomos ou moléculas) dos gases ideais apresentam as seguintes características:

- Estão em constante movimento aleatório.
- Estão separadas umas das outras por espaços muito maiores que suas próprias dimensões, de modo que a interação entre elas seja tão fraca que possa ser desconsiderada em certas condições de pressão e temperatura.

Substância	Fórmula molecular	Massa molecular (u)	Polaridade das moléculas	Interação intermolecular preponderante	Estado de agregação a 25 °C e 1 atm
Dióxido de carbono	CO ₂	44	Apolar	Dipolo instantâneo-dipolo induzido	Gasoso
Sulfeto de hidrogênio	H ₂ S	34	Polar	Dipolo-dipolo	Gasoso
Metano	CH ₄	16	Apolar	Dipolo instantâneo-dipolo induzido	Gasoso

Figura 7: Tabela extraída do Livro Espaço 235

- Podem colidir entre si e também com as superfícies internas do recipiente que as contém, exercendo uma pressão sobre essas superfícies.
- Ao colidirem entre si, pode ocorrer (ou não) uma reação química, caso em que surgem novas espécies químicas.
- Movimentam-se com maior ou menor velocidade de acordo com sua energia cinética: quanto maior a temperatura, maior a energia cinética média das entidades elementares.
- Quanto maiores suas energias cinéticas, mais fortes e frequentes serão suas colisões contra as superfícies internas do recipiente que contém o gás.

O comportamento de um gás está relacionado com as condições em que ele se encontra. A expressão **estado de um gás** refere-se exatamente a essas condições. O estado de um gás pode ser definido por três **variáveis de estado**: sua pressão (P), o volume (V) por ele ocupado e sua temperatura (T).

TEMA 3 É A lei dos gases ideais e os cálculos estequiométricos envolvendo substâncias gasosas

Em ambientes como a estação espacial ISS, apresentada no início deste capítulo, a remoção do gás carbônico e a manutenção do nível adequado de gás oxigênio no ar são medidas de extrema importância. Para isso, são realizadas reações químicas apropriadas envolvendo esses dois gases. As quantidades de substâncias envolvidas nessas reações dependem de seus coeficientes estequiométricos, das relações entre as quantidades de matéria dos gases e das substâncias que devem reagir com eles. Neste tema, além das relações estequiométricas envolvendo as espécies gasosas de uma reação, será apresentada a lei dos gases ideais, um exemplo de equação de estado de um gás.

Um ser humano consome, por meio de sua respiração, em média, 800 g de gás oxigênio por dia. Essa massa de gás ocupa volumes distintos que dependem das condições de temperatura e pressão a que o gás está submetido e que podem ser calculados segundo a equação

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

em que:

P= Pressão;

V= Volume;

T = Temperatura;

n = Quantidade de matéria.

Essa equação é um exemplo de **equação de estado de um gás** e é conhecida como **lei dos gases ideais**. Ela permite estabelecer uma relação entre a pressão (P), o volume (V) e temperatura absoluta (T para certa quantidade de matéria (n)). A pressão pode ser dada em diferentes unidades de medida, como atmosferas (atm) e milímetros de mercúrio (mmHg). O volume pode ser dado em metros cúbicos (m³) e litros (L), entre outras unidades de medida. A temperatura absoluta, como discutido anteriormente, é sempre dada em kelvin (K). Por fim, a quantidade de matéria é medida em mol.

$$R = \frac{PV}{nT}$$

Figura 8: Figura extraída do Livro F

Como

o valor e a unidade de R podem ser:

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$R = 62,3 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Adotando unidades recomendadas pelo SI, tem-se:

$$R = 8,31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \text{ ou } R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

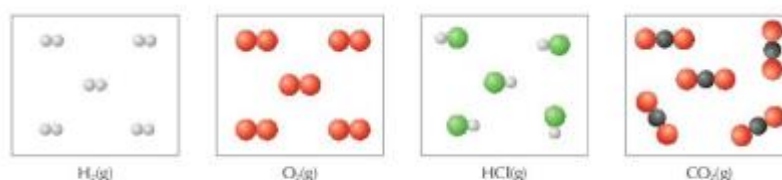
Figura 9: Figura extraída do Livro F

A LEI DE AVOGADRO E AS REAÇÕES QUÍMICAS

O físico italiano Amedeo Avogadro (1776 . 1856) propôs, em 1811, duas hipóteses que tiveram grande importância no desenvolvimento da Química. Na primeira hipótese, Avogadro sugeriu tratar os conjuntos de átomos por moléculas, sendo que esses conjuntos podiam ser constituídos por átomos do mesmo elemento químicos diferentes.

A segunda hipótese, conhecida atualmente como **lei de Avogadro**, estabelece que volumes iguais de gases diferentes, medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, contêm o mesmo número de moléculas. Essa ideia lançada por Avogadro foi proposta na tentativa de explicar os resultados obtidos pelo físico francês Joseph-Louis Gay-Lussac (1778 . 1850). Segundo Gay-Lussac, em uma reação química envolvendo gases, os volumes dos reagentes e os volumes dos produtos mantinham uma proporção simples entre si, isto é, uma relação que compreende números inteiros e pequenos.

Para compreender melhor a lei de Avogadro, observe os esquemas a seguir.



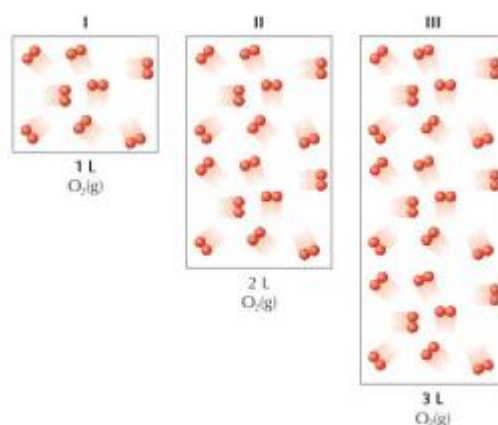
Em cada uma das amostras, há cinco moléculas de cada gás representadas.
Representação sem escala; cores fantasia.

Figura 10: Figura extraída do Livro F

Considere que as quatro amostras da ilustração contêm gases submetidos às mesmas condições de pressão e temperatura. Assim, segundo a lei de Avogadro, se os volumes ocupados por elas forem iguais, elas conterão o mesmo número de moléculas,

independente do gás em questão . gás hidrogênio, gás oxigênio, cloreto de hidrogênio ou gás carbônico.

De acordo com a lei de Avogadro, o volume de uma amostra de gás é proporcional ao número de moléculas desse gás presente na amostra à determinada condição de temperatura e pressão. Observe:



Modelos submicroscópicos de amostras de gás oxigênio de diferentes volumes submetidas às mesmas condições de temperatura e pressão. Note a proporcionalidade entre o número de moléculas de O_2 e o volume ocupado. Representação sem escala; cores fantasia.

Figura 11: Figura extraída do Livro F

CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS ENVOLVENDO ESPÉCIES GASOSAS

Foi calculado no início deste tema que o volume inspirado de gás oxigênio em situações de emergência que eventualmente ocorram durante o voo de um avião é de aproximadamente 11,2 L, medidos a 22 °C e 0,75 atm de pressão. Conhecendo a estequiometria da reação que produz o gás oxigênio nas máscaras, é possível também determinar as massas de limalha de ferro e do sal clorato de sódio que devem reagir para gerar, por exemplo, um volume de 11,2 L de gás oxigênio medidos a 22 °C e 0,75 atm de pressão. A reação em questão pode ser equacionada por:



A relação entre as espécies de interesse é:



Nessas condições de temperatura e pressão, o volume molar do gás oxigênio é de 32,3 L. Assim, tem-se:

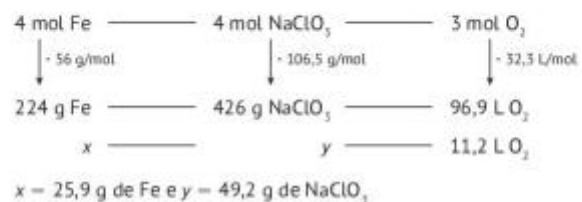


Figura 12: Figura extraída do Livro F