

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

Márcia Maria Pinto Coelho

**Interações Intermoleculares: estudo da sua abordagem nos livros didáticos aprovados
pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático e no Exame Nacional do
Ensino Médio**

Juiz de Fora
2020

Márcia Maria Pinto Coelho

Interações Intermoleculares: estudo da sua abordagem-nos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático e no Exame Nacional do Ensino Médio

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Química. Área de concentração: Educação em Química.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Andréia Francisco Afonso

Juiz de Fora

2020

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Coelho, Márcia Maria Pinto.

Interações Intermoleculares : estudo da sua abordagem nos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático e no Exame Nacional do Ensino Médio / Márcia Maria Pinto Coelho. -- 2021.

104 f. : il.

Orientadora: Andréia Francisco Afonso

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química, 2021.

1. Interações Intermoleculares . 2. Plano Nacional do Livro e do Material Didático. 3. Exame Nacional do Ensino Médio. 4. Ensino Médio. I. Afonso, Andréia Francisco , orient. II. Título.

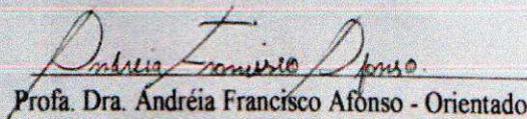
Márcia Maria Pinto Coelho

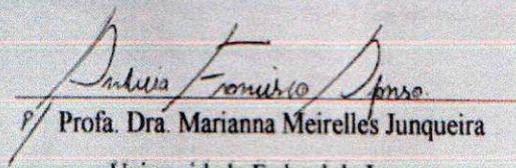
Interações Intermoleculares: estudo da sua abordagem nos livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático e no Exame Nacional do Ensino Médio

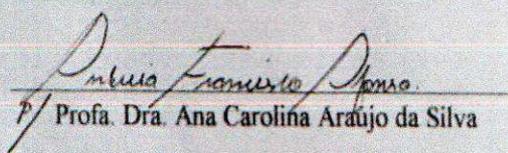
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.
Área de concentração: Educação em Química.

Aprovada em 30 de outubro de 2020.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dra. Andréia Francisco Afonso - Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora


Prof. Dra. Marianna Meirelles Junqueira
Universidade Federal de Lavras


Prof. Dra. Ana Carolina Araújo da Silva
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita bondade e proteção.

Aos meus amados pais José Coelho Sobrinho (in memoriam) e Iná, por sempre me incentivarem a ser a melhor versão de mim mesma e pelo amor incondicional.

A minha amada filha, Daniella, pela sua graciosa existência que ilumina os meus dias.

Ao meu querido e protetor irmão Sérgio, pelo seu total apoio.

A professora Andréia, por sua paciência, comprometimento e generosidade ao compartilhar seus inúmeros conhecimentos.

Ao Eduardo, por ser mais do que um amigo.

A UFJF, por toda sua grandiosidade como instituição pública e democrática.

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a abordagem das Interações Intermoleculares nos livros didáticos de Química do Ensino Médio, aprovados em três triênios (2012, 2015 e 2018) pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático, e nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio de 2012 a 2019. O estudo das Interações Intermoleculares é importante, à medida que oportuniza a compreensão do comportamento das moléculas nos diferentes estados físicos, e o modo como influenciam nas propriedades físicas da matéria. Realizamos a coleta de dados, seguindo duas etapas: a primeira consistiu no levantamento e seleção dos livros didáticos no site do Programa Nacional do Livro e Material Didático, e do caderno de questões do Exame Nacional do Ensino Médio no site do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. A segunda foi a identificação dos capítulos e das questões que tratavam especificamente de Interações Intermoleculares, por meio da busca pelas palavras-chave: Interações Intermoleculares, Forças Intermoleculares, Interações Químicas, dipolo-dipolo, dipolo permanente-dipolo permanente, dipolo-dipolo induzido, ligação de hidrogênio, dipolo induzido-dipolo induzido e também íon-dipolo. Já a interpretação dos dados obtidos foi feita a partir da criação de categorias, seguindo as normas da Análise de Conteúdo, segundo Bardin (2011). Nos dois objetos de estudos – livros didáticos e questões – identificamos que as denominações dadas às Interações Intermoleculares e sua classificação, assim como a relação existente entre elas e as propriedades físicas (Ponto de Ebulição, Solubilidade, Tensão Superficial da Água), se aproximam nos dois materiais, exceto esta última. Em relação à denominação, percebemos uma variação nos livros dos diferentes autores. Como as Interações Intermoleculares podem ser explicadas no nível simbólico também percebemos a presença de fórmula e equação química, gráficos, quadros, tabelas em ambos os objetos, porém as imagens e propostas de experimentos para auxiliar a apresentação do assunto ficaram restritas aos livros. Além das Interações Intermoleculares, alguns dos capítulos analisados mencionaram a interação íon-dipolo, mas sem destaque, uma vez que sua abordagem apareceu em uma caixa, à parte do texto principal, o que parece ser uma abordagem complementar e não o assunto principal do capítulo. Contudo, uma das questões avalia essa interação junto as Intermoleculares, sendo preciso que o estudante as diferencie. Podemos concluir que os livros didáticos e as questões do Exame Nacional do Ensino Médio se alinham em alguns aspectos na abordagem das Interações Intermoleculares, e que o primeiro pode se constituir como importante fonte de estudo para os estudantes e como um recurso para preparação para o Exame. Mas cabe a(o) professor(a) fazer os complementos,

que são necessários, e trabalhar as habilidades propostas na matriz desse Exame, utilizando a metodologia que considerar mais apropriada ao contexto e às demandas de seus alunos.

Palavras-chave: Interações Intermoleculares. Plano Nacional do Livro e do Material Didático. Exame Nacional do Ensino Médio. Ensino Médio.

ABSTRACT

This research aimed to investigate the existing relationships in the approach of Intermolecular Interactions in Chemistry textbooks, approved by the National Book and Educational Material Program in the trienniums from 2012 to 2018, and in the questions of the area of Natural Sciences and its Technologies of the National High School Exam, applied from 2012 to 2019. The study of Intermolecular Interactions is important as it provides an opportunity to understand the behavior of molecules in different physical states and how they influence the physical properties of matter. We performed data collection following two steps: the first consisted of survey and selecting of the textbooks on the website of the National Book and Educational Material Program, and the question book of the National High School Exam on the website of the National Institute of Educational Research Anísio Teixeira. The second was the identification of chapters and issues specifically dealing with Intermolecular Interactions, through the search for keywords: Intermolecular Interactions, Intermolecular Forces, Chemical Interactions, Dipole-Dipole, Permanent Dipole-Dipole, Induced Dipole-Dipole, Hydrogen Bond, Induced Dipole-Dipole and also Ion-Dipole. On the other hand, the interpretation of the data obtained was made from the creation of categories following the rules of Content Analysis, according to Bardin (2011). In both objects of studies - textbooks and questions - we identified that the names given to Intermolecular Interactions and their classification, as well as the relationship between them and the physical properties (Boiling Point, Solubility, Surface Water Tension), are approaching in both materials. In relation to the name, we noticed a variation in the books of the different authors. As this subject can be explained at the symbolic level, we also noticed the presence of chemical formula and equation, graphs, charts, tables in both objects, but the images and an experiment proposal to help the presentation of the subject were restricted to books. In addition to Intermolecular Interactions, some of the chapters analysed mentioned ion-dipole interaction but without highlighting it, since their approach appeared in a box, apart from the main text, which seems to be a complementary approach and not the main subject of the chapter. However, one of the questions evaluates this interaction with the Intermoleculars and the student must differentiate between them. We can conclude that the textbooks and the questions of the National High School Exam are aligned in some aspects in the approach to Intermolecular Interactions, and that the former can be an important source of study for the students and as a resource for Exam preparation. But it is up to the teacher to make the complements, which are necessary,

and to work on the skills proposed in the matrix of this Exam, using the methodology he/she considers most appropriate to the context and demands of his/her students.

Keywords: Intermolecular Interactions. National Plan of Books and Teaching Materials. National High School Exam. High School.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	–	Diferença entre a intensidade das forças de uma Interação Intermolecular e de uma Interação Intramolecular (ligação covalente).	17
Figura 2	–	Distribuição das forças de atração nas moléculas de água	20
Figura 3	–	Formação de cargas parciais negativa e positiva em dois átomos do gás nobre Hélio ($z=2$).....	22
Figura 4	–	Formato das moléculas do n-pentano e Neopentano e seus respectivos pontos de ebulição.....	23
Figura 5	–	Representação das orientações que as moléculas polares podem assumir.	24
Figura 6	–	Interação entre um íon e moléculas polares.....	28
Figura 7	–	Trajetória da etapa de coleta de dados dos LDQ.	44
Figura 8	–	Questão selecionada do Enem (Q1) aplicada em 2013.	49
Figura 9	–	Questão do Enem (Q2) que utiliza a denominação Interações Intermoleculares.	57
Figura 10	–	Questão do Enem (Q4) que utiliza a denominação Interações Intermoleculares.	58
Figura 11	–	Questão do Enem (Q5) que utiliza a denominação Forças intermoleculares.	59
Figura 12	–	Questão do Enem (Q3) que mostra a citação da Interação Intermolecular do tipo dipolo-dipolo induzido.	59
Figura 13	–	Abordagem da interação íon-dipolo no LDQ 4, 9.e 13	64
Figura 14	–	Questão do Enem (Q1) que avalia o reconhecimento da interação que ocorre entre a água e o componente da fralda descartável.	65
Figura 15	–	Imagem usada por LDQ 4, 9 e 13 para mostrar a solubilidade de diferentes materiais.....	69
Figura 16	–	Imagem usada pelo LDQ 14 para a explicação da solubilidade do gás oxigênio na água.	73
Figura 17	–	Solubilidade de gases na água mostrada pelo LDQ 15.	74
Figura 18	–	Relação entre a temperatura de ebulição e a massa usada na Q5.....	77
Figura 19	–	Variação das temperaturas de fusão e de ebulição relacionadas com as Interações Intermoleculares usadas pelos LDQ 1,6 e 10.....	77
Figura 20	–	Relação entre temperaturas de ebulição, temperatura de fusão e massa molar usada pelos LDQ 2, 7 e 11.....	78

Figura 21	–	Relação entre temperatura de ebulição e massa molar usada pelos LDQ 4, 9 e 13	79
Figura 22	–	Estruturas químicas usadas pelos LDQ 4, 9 e 13 para relacionar temperatura de ebulição com superfície de contato.....	80
Figura 23	–	Quadro usado pelos LDQ 2, 7 e 11 para relacionar a temperatura de ebulição e temperatura de fusão com superfície de contato.....	80
Figura 24	–	Relação entre a polaridade, quantidade de elétrons e a temperatura de ebulição.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Relação das Áreas de conhecimento e os Componentes Curriculares.....	41
Quadro 2	–	Coleções de Química aprovados pelo PNLD em 2012.....	46
Quadro 3	–	Coleções de Química aprovados pelo PNLD em 2015.....	46
Quadro 4	–	Coleções de Química aprovados pelo PNLD em 2018.....	46
Quadro 5	–	Numeração das questões selecionadas nas diferentes edições do Enem.....	48
Quadro 6	–	Termos utilizados nos LDQ para expressar as Interações Intermoleculares	51
Quadro 7	–	Conceitos de Interações ou Forças de van der Waals encontrados nos LDQ.	52
Quadro 8	–	Tipos de interação que são reconhecidos por Forças ou Interações de van der Waals.....	53
Quadro 9	–	Conceito de Interações Intermoleculares nos LDQ 2, 5, 7, 11 e 15.....	56
Quadro 10	–	Tipos de interações que aparecem nas questões do Enem.	60
Quadro 11	–	Conceito de dipolo-dipolo induzido pelos LDQ	62
Quadro 12	–	Propriedades físicas relacionadas às Interações Intermoleculares presentes nos LDQ.	67
Quadro 13	–	Relação entre a magnitude das forças de interação entre as moléculas e a temperatura/ponto de ebulição apresentada pelos LDQ.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Relação dos Pontos de ebulição de substâncias com valores de massas moleculares aproximadamente iguais e de momentos dipolo diferentes.	25
Tabela 2	–	Relação da Massa molar de alguns gases e a sua solubilidade em água.	26
Tabela 3	–	Relação da quantidade de coleções e LDQ em cada triênio do PNLD analisados nesta pesquisa.	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBC	Conteúdo Básico Comum
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
LDQ	Livro Didático de Química
MEC	Ministério da Educação
MR	Matriz de Referência do Enem
PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
PNLD	Programa Nacional do Livro e Material Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
PROUNI	Programa Universidade Para Todos
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	14
2	INTRODUÇÃO.....	17
3	LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO.....	32
4	EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO.....	38
5	PERCURSO METODOLÓGICO	44
5.1	PROCESSO DA COLETA DE DADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO.	44
5.2	COLETA DE DADOS NAS QUESTÕES DO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO.....	48
5.3	ANÁLISE DE DADOS.....	49
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6.1	DENOMINAÇÕES USADAS PARA EXPRESSAR AS INTERAÇÕES INTERMOLECULARES E OS SEUS TIPOS.	51
6.2	RELAÇÕES ENTRE AS INTERAÇÕES INTERMOLECULARES E AS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MATÉRIA.	66
7	CONCLUSÃO	85
	REFERÊNCIAS	89
	ANEXO A – Objetos de Conhecimento do Componente Curricular Química associados às Matrizes de Referência do Enem.....	95
	ANEXO B – Critérios de avaliação do PNLD 2018.	98
	ANEXO C - Atividade Experimental dos LDQ 4,9 e 13.....	104

1 APRESENTAÇÃO

A minha trajetória profissional na Química vem sendo construída em escolas públicas e particulares, onde atuei e atuo como professora. Ao longo desse percurso, tive a oportunidade de participar como supervisora do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid), no Subprojeto Química da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), por três anos.

O Pibid trouxe várias contribuições para a minha formação continuada, culminando no meu ingresso no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Química da UFJF, onde tenho a oportunidade de prosseguir com os estudos na área de Educação em Química.

Já no Mestrado, que iniciei em 2018, cumpri o Estágio à Docência na disciplina de Química Fundamental, na qual estavam matriculados alunos do curso de Ciências Exatas, recém- ingressos, em sua maioria. Por ser uma disciplina obrigatória, ofertada no primeiro semestre do curso, consegui identificar alguns conteúdos que os discentes aprenderam durante o Ensino Médio e aqueles que ainda tinham dificuldade para compreender.

Em uma das aulas que ministrei durante o Estágio, apliquei uma atividade usando cenas do filme Pantera Negra, escolhido por ser lançado no mesmo ano do meu ingresso na Pós-Graduação e ser um sucesso de bilheteria na época, portanto, conhecido dos estudantes matriculados em Química Fundamental, ou pelo menos, pela maioria. O filme conta a história do super-herói com poderes atribuídos a um elemento químico fictício, considerado raro pelos personagens, denominado Vibranium. O longa-metragem não mostra o porquê do Vibranium possuir tantas particularidades e utilidades, mas algumas cenas permitiram uma discussão sobre algumas das Propriedades físicas e químicas da matéria, Ligações Químicas e Interações Intermoleculares.

Ao final da discussão, propus três questões, por meio das quais os alunos tinham que associar as atribuições conferidas pelo Vibranium à roupa do personagem Pantera Negra, que permitia seu deslocamento e uma fácil aderência em diferentes superfícies. Vale destacar que a professora da turma tinha abordado os três conteúdos anteriormente citados (Propriedades físicas e químicas da matéria, Ligações Químicas e Interações Intermoleculares) nas aulas anteriores à atividade proposta por mim. Entretanto, poucos estudantes conseguiram identificar as Interações Intermoleculares como as responsáveis pela aderência da roupa do herói, feita de Vibranium, em superfícies diversas.

Esse fato apontou a existência de uma possível lacuna (dificuldade de compreensão e/ou aplicação dos conhecimentos em situações propostas) na aprendizagem de Interações Intermoleculares no Ensino Médio e Superior, o que despertou minha vontade de pesquisar como essa temática vem sendo trabalhada nas escolas.

Além disso, estimulou a reflexão sobre a minha prática docente, e baseando-me na minha experiência na Educação Básica, considero que as Interações Intermoleculares devem ter uma abordagem mais aprofundada nesta etapa de escolarização, pois elas possibilitam o entendimento de situações comuns aos alunos, em seu dia a dia, e de outros conceitos da Química.

Por isso, decidi pesquisar a abordagem das Interações Intermoleculares sob duas vertentes:

a) Nos livros didáticos de Química (LDQ) distribuídos às escolas públicas pelo Programa Nacional do Livro e Material Didático (PNLD).

A justificativa para a escolha dos livros didáticos se deu por acreditar que eles podem se constituir como recursos que podem auxiliar na abordagem mais didática e complementar à aula ministrada pelos professores, uma vez que possuem explicações sobre os conceitos relacionados ao conhecimento químico e estão presentes na maioria das escolas públicas brasileiras. Eles trazem informações com ilustrações que explicam alguns fenômenos que despertam a curiosidade dos estudantes, como por exemplo, o fato da lagartixa caminhar pelas paredes.

Em muitas escolas, sejam elas da rede pública ou privada, o livro pode ter um papel fundamental, sendo um dos, se não o único, material disponível para que o estudante possa estudar e fazer os exercícios propostos pelos docentes. Alguns desses exercícios são questões provenientes do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), e estão inseridos ao longo e/ou ao final de cada capítulo, buscando uma aplicação do assunto tratado.

b) No Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).

A inserção de questões do Enem nos LDQ pode proporcionar ao aluno certa “familiaridade” ao Exame. Logo, elas se constituem como fonte de estudos e preparação para os egressos da Educação Básica.

O Enem vem sendo utilizado como uma avaliação que possibilita, ou não, o acesso às Instituições de Ensino Superior (IES) e avalia os estudantes ao final da Educação Básica, portanto, ele pode influenciar o currículo das escolas. Por isso, senti necessidade de investigar a abordagem das Interações Intermoleculares nesses dois âmbitos – livros didáticos de Química do Ensino Médio e Enem -, buscando identificar como as Interações Intermoleculares são tratadas, se de forma

semelhante ou não, a partir de categorias que serão descritas nos capítulos relacionados à metodologia e aos resultados e discussão.

Com isso, cheguei à questão de pesquisa:

Quais as relações existentes na abordagem das Interações Intermoleculares nos livros didáticos de Química (LDQ), aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), e no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem)?

O objetivo geral deste trabalho é analisar a abordagem das Interações Intermoleculares nos livros didáticos de Química do Ensino Médio, aprovados em três triênios (2012, 2015 e 2018) pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático, e nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio de 2012 a 2019.

Já os objetivos específicos são:

a) Identificar e selecionar as questões do Enem da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, aplicadas nos anos de 2012 a 2019, que abordam Interações Intermoleculares, um dos Objetos de Conhecimento do componente curricular Química, citado na Matriz de Referência desse Exame;

b) Selecionar os LDQ, aprovados pelo PNLD, em 2012, 2015 e 2018, totalizando os três últimos triênios.;

c) Identificar e analisar nesses livros, a presença da abordagem de Interações Intermoleculares;

d) Identificar as relações existentes na abordagem de Interações Intermoleculares nas questões do Enem e nos livros selecionados.

Trilhando o percurso metodológico descrito no Capítulo 4, consegui obter resultados, que estão apontados e discutidos no Capítulo 5. Por meio deles foi possível perceber se ainda há necessidade, ou não, de aprimoramento na abordagem das Interações Intermoleculares no Ensino Médio. Essas considerações são colocadas no final do presente trabalho. Dessa forma, espero que esta pesquisa possa promover discussões sobre o ensino das Interações Intermoleculares e vislumbrar caminhos para a elaboração de estratégias didáticas que possam contribuir com o processo de ensino e aprendizagem do assunto.

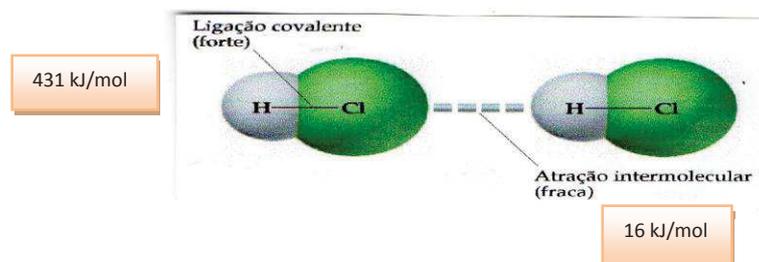
2 INTRODUÇÃO

Para compreendermos o significado das Interações Intermoleculares, partimos da ideia de que quando duas moléculas se aproximam, existe a possibilidade de dois fenômenos ocorrerem: uma reação e/ou uma interação química. A diferença entre elas é que na primeira ocorre a quebra e a formação de ligações químicas entre os átomos e na segunda, isto não acontece.

Nesse sentido, Interações Intermoleculares podem ser definidas como as forças, de natureza elétrica, que existem entre moléculas, envolvendo atrações entre espécies com cargas positivas e negativas (BROWN et al., 2016), fazendo com que uma molécula influencie o comportamento de outra, em suas proximidades (REIS, 2008). Isso acontece, sem que ocorra a quebra e a formação de ligações químicas entre átomos (ROCHA, 2001).

Entretanto, a força das Interações Intermoleculares é menor quando comparada àquela das Interações Intramoleculares, como está representado na Figura 1.

Figura 1 - Diferença entre a intensidade das forças de uma Interação Intermolecular e de uma Interação Intramolecular (ligação covalente).



Fonte: Adaptado de Brown et al., 2016.

Pelas informações da Figura 1, percebemos que para romper a Interação Intramolecular, representada pela ligação covalente entre os átomos de Hidrogênio (H) e Cloro (Cl) que formam a molécula de HCl, é necessária uma energia de 431 kJ/mol, mas apenas 16 kJ/mol para romper a Interação Intermolecular entre duas dessas mesmas moléculas. Assim, o valor da energia necessária para rompê-la é menor quando comparado àquela que consegue romper uma ligação química entre os dois átomos – Hidrogênio e Cloro.

As Interações Intermoleculares recebem também o nome de Forças Intermoleculares ou ainda Interações Moleculares. Na presente pesquisa, optamos por utilizar Interações

Intermoleculares pelo fato de encontrarmos o termo em livros didáticos de Química do Ensino Médio (LDQ), nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) analisadas e em artigos voltados aos processos de ensino e aprendizagem dos conceitos relacionados a elas.

Esses conceitos são, geralmente, abordados no Ensino Médio e são trabalhados de modo que os discentes percebam a relação entre a estrutura molecular e as propriedades macroscópicas da substância ou material em questão (CURI, 2006).

“Trata-se, portanto, de um assunto de relevância, uma vez que permite interligar os níveis microscópico, atômico-molecular e macroscópico, sendo este último acessível à observação direta” (HERBST; MONTEIRO FILHO, 2018, p.10). Por isso, dependendo de como é feita a abordagem das Interações Intermoleculares no Ensino Médio, espera-se que o aluno, ao entrar em contato com estes conceitos, interprete vários fenômenos e situações do cotidiano de acordo com o comportamento das partículas e seja capaz de expressar, tanto por registro textual e/ou pictográfico, o seu entendimento sobre este universo (AYRES; ARROIO, 2015).

A abordagem das Interações Intermoleculares na Educação Básica é possível graças ao estudo que “começou a mais de dois séculos atrás com os experimentos pioneiros em sistemas gasosos realizados por cientistas como Robert Boyle, Jacques Charles, Joseph-Louis Gay-Lussac e Johannes van der Waals” (ROCHA, 2001, p.33).

Este último, ao pesquisar gases existentes na natureza, em condições de pressão e de temperatura ideais, observou que eles apresentavam um desvio do comportamento esperado porque as moléculas possuem volume finito e são atraídas umas pelas outras durante as colisões.

A partir disso, Johannes van der Waals desenvolveu uma equação de estado dos gases, que modificou a equação do gás ideal, para explicar o volume intrínseco e as Interações Intermoleculares, a partir de modelos explicativos, de forma que ela ficou mais próxima do comportamento real dos gases (BROWN et al., 2016).

Dessa forma, a explicação das Interações Intermoleculares tem sido importante à medida que ela possibilita o entendimento do comportamento de sistemas químicos a nível molecular (CURI, 2001) e de que forma influenciam nas propriedades físicas da matéria. Sem as atrações intermoleculares existentes entre as moléculas de água não haveria a formação da água líquida, por exemplo, logo também não haveria a vida como a conhecemos (ATKINS; JONES, 2012).

Além da explicação da existência de rios, lagos e mares, ou seja, da água líquida, Atkins e Jones (2012, p.174) apontam a relação entre as Interações Intermoleculares, os

estados de agregação da matéria (sólido, líquido e gasoso) e o ponto de ebulição das substâncias:

[...] na fase líquida, as moléculas estão muito mais próximas e a interação é muito maior do que a fase gás [...]. Como muita energia é necessária para separar as moléculas com atrações fortes entre elas, as substâncias que têm Interações Intermoleculares fortes entram em ebulição em temperaturas mais elevadas.

Assim, para que um líquido entre em ebulição, as suas moléculas devem vencer as forças de atração. Quanto maior a intensidade das interações, maior será a temperatura na qual o líquido entrará em ebulição. Podemos pensar de forma similar quando nos referimos ao ponto de fusão de um sólido, que aumentará à medida que as Interações Intermoleculares ficam mais fortes (BROWN et al., 2016).

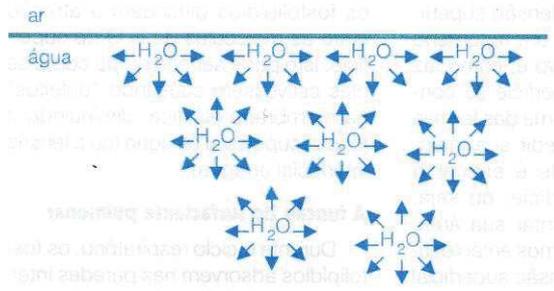
Outra propriedade física que pode ser explicada pelas Interações Intermoleculares é a solubilidade, que “é uma propriedade na qual ocorre interação entre o soluto e o solvente, ou seja, entre uma substância que é desejada solubilizar e uma que a dissolve” (JUNQUEIRA, 2017, p.166).

O fenômeno da solubilidade em nível microscópico pode ser explicado considerando as intensidades relativas de interações atrativas entre as partículas de soluto e solvente. Inicialmente, devem-se levar em conta as interações atrativas entre as partículas do próprio soluto e interações atrativas entre as partículas do próprio solvente que durante o processo de dissolução vão originar interações entre o soluto e o solvente (JUNQUEIRA, 2017, p. 166).

Além da influência nos estados de agregação da matéria e na solubilidade, a viscosidade de um líquido também depende das Interações Intermoleculares, pois quanto mais fortes, mais manterão juntas as moléculas e não deixarão que elas se afastem facilmente (ATKINS; JONES, 2012). A viscosidade é a resistência de um líquido para o escoamento, ou seja, líquidos mais viscosos fluem mais lentamente. (BROWN et al., 2016).

Ainda temos a tensão superficial de um líquido, que é influenciada pelas Interações Intermoleculares. Ela é evidenciada na capacidade que os insetos têm de caminhar sobre a superfície da água, no estado líquido (BROWN et al., 2016). A Figura 2 representa a distribuição das forças de atração nas moléculas da água.

Figura 2 - Distribuição das forças de atração nas moléculas de água



Fonte: Gugliotti, 2002, p.4.

De acordo com a Figura 2, as moléculas situadas no interior estão, em média, sujeitas à força de atração distribuídas em todas as direções, de modo que os vetores formados podem se anular, ao passo que as moléculas, situadas na superfície de separação líquido-ar, estão submetidas à força de atração distribuídas de forma não equilibrada, havendo a formação de um vetor resultante. A consequência da formação desse vetor resultante é que a superfície da água passa a se comportar como uma membrana elástica, que se contrai e ocupa uma área mínima possível (GUGLIOTTI, 2002; MASSI et al., 2008).

Brown et al. (2016) explicam que essa força resultante deve ser vencida para expandir a área mínima. Portanto, a tensão superficial é

[...] a energia necessária para aumentar a área da superfície de um líquido por unidade de área. Por exemplo, a tensão superficial da água a 20°C é $7,29 \times 10^{-2} \text{J/m}^2$, ou seja, uma energia de $7,29 \times 10^{-2} \text{J}$ deve ser fornecida para aumentar a área superficial de uma dada quantidade de água por 1m^2 (BROWN et al., 2016, p.480).

Assim como as demais propriedades físicas citadas, a tensão superficial também depende das Interações Intermoleculares, que variam em intensidade e podem ser classificadas em quatro tipos. São eles:

- a) dipolo induzido–dipolo induzido (ou Dispersão de London, Forças de London, Forças de Dispersão);
- b) dipolo-dipolo (ou dipolo permanente–dipolo permanente);
- c) dipolo-dipolo induzido (ou Dipolo permanente–dipolo induzido);
- d) ligações de Hidrogênio.

Vale destacar que alguns referenciais teóricos não descrevem a interação dipolo-dipolo induzido, considerando, portanto, somente três tipos de Interações Intermoleculares, como por exemplo, na citação a seguir:

Existem três tipos de atrações intermoleculares entre moléculas eletricamente neutras: forças de dispersão, atrações dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio. Juntas, as duas primeiras são chamadas *forças de van der Waals*, por causa de Johannes van der Waals, que desenvolveu uma equação que previa o desvio de gases do comportamento ideal (BROWN et al, 2016, p.470).

Cada um dos quatro tipos de Interações Intermoleculares será descrito a seguir:

a) Dipolo induzido-dipolo induzido

As Interações Intermoleculares do tipo dipolo induzido-dipolo induzido, também conhecidas como Forças ou Dispersão de London, ou ainda Forças de Dispersão, ocorrem em todas as moléculas, sejam elas polares ou apolares (ATKINS; JONES 2012; BROWN et al., 2016). Entretanto entre moléculas apolares é a única interação existente. (MIRANDA, 2018).

De acordo com Brown et al. (2016, p.470),

Fritz London, um físico germano – americano, sugeriu pela primeira vez, em 1930, qual seria a origem dessa atração. London reconheceu que o movimento dos elétrons em um átomo ou em uma molécula poderia criar um momento de dipolo instantâneo, ou momentâneo.

O momento dipolo instantâneo é formado quando

[...] em um determinado instante, as nuvens de elétrons de átomos e moléculas não são uniformes. Os elétrons podem se concentrar em algum ponto da molécula, deixando o núcleo parcialmente exposto. Como resultado, uma região da molécula adquire uma carga parcial negativa instantânea e, a outra região, uma carga positiva instantânea (ATKINS; JONES 2012, p.175).

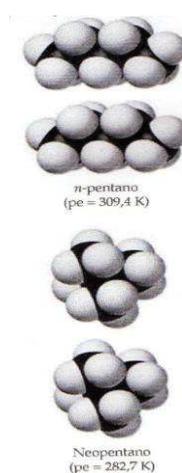
A formação instantânea de cargas parciais negativa e positiva está na Figura 3, com dois átomos de Hélio.

No Gráfico 1, notamos que as moléculas se diferenciam pelas quantidades de átomos de Carbono e Hidrogênio, o que provoca um aumento do tamanho e da massa-das substâncias, refletindo em um aumento no ponto de ebulição das mesmas.

Outro fator que também influencia nas magnitudes das forças da Interação dipolo induzido-dipolo-induzido são as formas espaciais das moléculas envolvidas, segundo Brown et al. (2016).

A Figura 4 traz a representação de dois isômeros de cadeia com a fórmula C_8H_{18} : o n-pentano e o Neopentano, que diferem no formato e nos seus respectivos pontos de ebulição. Enquanto o n-pentano é uma molécula linear, o Neopentano é uma molécula esférica (BROWN et al., 2016).

Figura 4 - Formato das moléculas do n-pentano e Neopentano e seus respectivos pontos de ebulição.



Fonte: Brown et al., 2005, p.379.

A Figura 4 mostra que o n-pentano apresenta o ponto de ebulição igual a 309,4 K, já o Neopentano tem ponto de ebulição igual a 282,7 K. A diferença nos respectivos pontos de ebulição se dá porque o n-pentano possui maior área superficial por ter uma forma linear, logo a molécula tem maior área de contato para que ocorra a interação com as outras. Como isso, o ponto de ebulição será mais elevado (BROWN et al., 2016), pois é preciso mais energia para rompê-las.

b) Dipolo-dipolo:

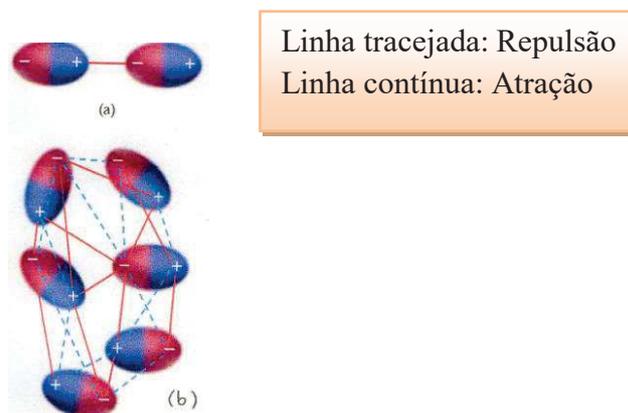
A Interação Intermolecular do tipo dipolo-dipolo, também conhecida como dipolo permanente–dipolo permanente, surge entre moléculas polares, que são aquelas que

apresentam a distribuição de cargas elétricas de maneira não uniforme, ou seja, com momento dipolo diferente de zero (ATKINS; JONES, 2012), apresentando um polo positivo e um negativo.

Quando o lado positivo de uma molécula está próximo do lado negativo de outra, eles são atraídos por uma força de atração. Assim, “da mesma forma que os lados opostos de um magneto (ímã) se atraem, os lados opostos de um dipolo se atraem, dando origem às interações dipolo-dipolo” (ROCHA, 2001, p.34).

Contudo, nos líquidos, como as moléculas polares se movimentam livremente umas em relação às outras, elas podem assumir duas orientações: atrativa e repulsiva, apresentado na Figura 5 por uma representação.

Figura 5 - Representação das orientações que as moléculas polares podem assumir.



Fonte: Brown, 2005, p.378.

Podemos verificar na Figura 5, que a linha contínua mostra a força atrativa que surge quando a extremidade positiva de um dipolo está direcionada à extremidade negativa de outro. Já a linha tracejada mostra a força de repulsão que ocorre quando uma extremidade positiva de um dipolo está direcionada a outro dipolo de mesma carga parcial.

Assim como as Interações dipolo induzido–dipolo induzido, as Interações dipolo-dipolo somente são significativas quando as moléculas estão muito próximas (BROWN et al, 2016), e quando elas se atraem mutuamente, devido às cargas opostas, elas passam mais tempo próximas, em comparação com duas moléculas que se repelem, por apresentarem cargas iguais.

As cargas parciais, que tornam a molécula polar, podem ter suas magnitudes medidas. O valor dessas medidas representa o momento dipolo da molécula. Quanto maior for o

momento dipolo (μ) de uma molécula, mais acentuada será a sua polaridade e mais fortes serão as Interações dipolo-dipolo, que poderão refletir nas propriedades físicas, como, por exemplo, o ponto de ebulição (ATKINS; JONES, 2012). Podemos observar essa relação na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação dos Pontos de ebulição de substâncias com valores de massas moleculares aproximadamente iguais e de momentos dipolo diferentes.

Substância	Éter dimetílico	Acetaldeído	Acetonitrila
Fórmula molecular	C ₂ H ₆ O	C ₂ H ₄ O	CH ₃ CN
Massa molecular (<i>u.m.a</i>)	46	44	41
Momento dipolo (D)	$\mu=1,3$	$\mu=2,7$	$\mu=3,9$
Ponto de Ebulição (K)	248	294	355

Fonte: Adaptado de Brown et al., 2016.

Analisando as substâncias dispostas na Tabela 1, percebemos que elas apresentam massas moleculares aproximadas, mas valores do momento dipolo diferentes, que se refletem no ponto de ebulição das mesmas. Esses dados nos revelam que, com o aumento da polaridade das moléculas, a intensidade das Interações dipolo-dipolo aumenta, e conseqüentemente o ponto de ebulição.

c) Dipolo-dipolo induzido

A Interação Intermolecular do tipo dipolo–dipolo induzido, também denominada dipolo permanente-dipolo induzido, ocorre entre moléculas polares e apolares, sendo o dipolo elétrico desta última igual a zero. Entretanto, quando a molécula polar se aproxima da molécula apolar, ela induz a formação de um dipolo instantâneo nesta última, o que permite a atração e a interação entre elas (ATKINS; JONES, 2012).

Essa interação está fortemente relacionada com as Interações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido, porque ambas têm a sua origem na capacidade que uma molécula tem de induzir um dipolo na outra (ATKINS; JONES, 2012). Logo, ao comparamos esses dois tipos de Interações, podemos afirmar que a diferença atribuída a eles está na natureza das moléculas envolvidas (JUNQUEIRA, 2017).

A Interação dipolo-dipolo induzido permite, por exemplo, explicar como o gás oxigênio está dissolvido na água, pois

A nuvem eletrônica de uma molécula isolada (gasosa) de O_2 é simetricamente distribuída ao redor dos dois átomos de oxigênio. Quando a extremidade negativa da molécula de H_2O polar aproxima-se, entretanto, a nuvem eletrônica de O_2 se torna distorcida. Nesse processo, a própria molécula de O_2 , torna-se polar, isto é, um dipolo é induzido, ou criado, na molécula de O_2 , inicialmente apolar. O resultado é que as moléculas de H_2O e O_2 , agora são atraídas umas pelas outras, embora fracamente. O oxigênio pode dissolver-se em água porque existe uma força de atração entre um dipolo-permanente e o dipolo-induzido (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2010, p.472).

Podemos observar os valores da solubilidade do gás oxigênio em água, e também os de outros gases na Tabela 2.

Tabela 2 - Relação da Massa molar de alguns gases e a sua solubilidade em água.

Gás	Massa Molar (g/mol)	Solubilidade a 20°C (g gás/100g água)
H_2	2,01	0,000160
N_2	28,00	0,000190
O_2	32,00	0,000434

Fonte: Kotz; Treichel; Weaver, 2010, p.473.

Pela Tabela 2, percebemos que à medida que a massa molar aumenta, o gás torna-se mais solúvel em água. Isso acontece devido à maior capacidade desses gases (com maior massa molar) para formar dipolos instantâneos, porque a nuvem eletrônica será mais facilmente polarizada ou distorcida. Essa polarização proporciona a formação das Interações dipolo-dipolo induzido, que são mais fortes nessas substâncias (KOTZ; TREICHEL; WEAVER, 2010).

Portanto, a Interação dipolo-dipolo induzido é importante para entendermos fenômenos naturais, essenciais à vida. Além disso, o estudo dela permite entender os processos químicos que ocorrem na água, além de como o uso do conhecimento químico é empregado na avaliação da sua qualidade (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005).

Quando nos direcionamos para as Interações Intermoleculares existentes somente entre as moléculas de água, podemos afirmar que elas são do tipo Ligações de Hidrogênio, tipo de Interação a ser descrito a seguir.

d) ligação de Hidrogênio

As Interações Intermoleculares do tipo Ligação de Hidrogênio são definidas por

Junqueira (2017, p.83), como aquelas que

[...] ocorrem quando um átomo de hidrogênio ligado covalentemente a um átomo pequeno e fortemente eletronegativo, especificamente nitrogênio, flúor e oxigênio, é atraído pelo par isolado de elétrons de outro átomo de nitrogênio, flúor e oxigênio. É realçado que os átomos envolvidos têm que ser altamente eletronegativos e devem ter pelo menos um par de elétrons isolado.

Herbst e Monteiro Filho (2019), ao traduzirem uma das definições da Ligação de Hidrogênio contida na IUPAC Compendium of Chemical Terminology, (IUPAC GOLD BOOK, 2019, p.11), citam que é

Uma forma de associação entre um átomo eletronegativo e um átomo de hidrogênio ligado a um segundo átomo relativamente eletronegativo. É mais bem considerada como uma interação eletrostática, aumentada pelo tamanho pequeno do hidrogênio, que permite a proximidade dos dipolos ou cargas que interagem. Ambos os átomos eletronegativos são geralmente (mas não necessariamente) do primeiro período da Tabela Periódica, ou seja, N, O ou F.

Em relação aos demais tipos de Interações Intermoleculares, descritas anteriormente, podemos afirmar que “as ligações de hidrogênio podem ser consideradas como um caso extremo das interações dipolo-dipolo, devido à diferença de eletronegatividade entre o hidrogênio e oxigênio, nitrogênio e flúor” (CURI, 2006, p.19). Assim, as Ligações de Hidrogênio tendem a apresentar a maior intensidade entre os outros tipos de Interações Intermoleculares, porém, nenhum deles é tão forte quanto as ligações covalentes e iônicas (BROWN et al., 2016).

Um dos efeitos da Ligação de Hidrogênio pode ser evidenciado através do gelo flutuando na água, o que contraria o fato que em muitas substâncias, as moléculas no estado sólido são mais densamente organizadas do que no líquido. Entretanto, na forma de gelo, as moléculas de água assumem um arranjo ordenado e aberto, que otimiza as Ligações de Hidrogênio entre elas. Na forma líquida, as Ligações de Hidrogênio estão arrançadas de forma mais aleatória, mas forte o suficiente para deixar as moléculas próximas uma das outras. Com isso, a água líquida tem uma densidade maior do que o gelo (BROWN et al., 2016).

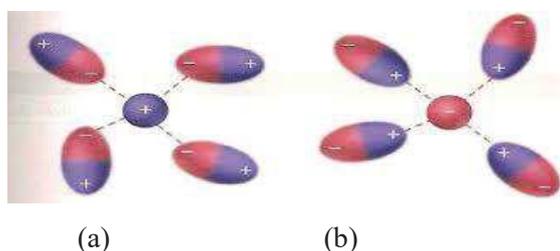
Por meio da explicação dada, percebemos ser fundamental, portanto, o papel que as Ligações de Hidrogênio desempenham na vida em nosso planeta (ATKINS; JONES -2012), pois se o gelo tivesse maior densidade do que a água no estado líquido, o gelo formado na superfície de um lago afundaria e o lago congelaria totalmente e “a maior parte da vida aquática não poderia sobreviver nessas condições” (BROWN et al., 2016, p.475).

Podemos ainda atribuir o formato da molécula de uma proteína responsável pela manutenção das formas das moléculas biológicas e o fato da água conseguir “molhar” papel, madeira ou tecido às Ligações de Hidrogênio (ATKINS; JONES, 2012). Assim, podemos perceber como essa interação explica tantas situações que ocorrem no dia a dia.

A partir do estudo dos diferentes tipos de Interações Intermoleculares, é necessário que o aluno compreenda que mais de um deles pode estar agindo entre duas moléculas. Entre as moléculas de água, por exemplo, além das Ligações de Hidrogênio, também está agindo a dipolo induzido-dipolo induzido e a dipolo-dipolo. Muitas vezes, o estudante termina o Ensino Médio com a noção equivocada da não aditividade das interações (SERIBELI, 2019).

Além das quatro Interações Intermoleculares apresentadas, existe outro tipo de interação que não ocorre entre moléculas, mas que faz parte da nossa pesquisa, que são as interações do tipo íon-dipolo, que ocorrem entre um íon e uma molécula polar (BROWN et al. 2016; JUNQUEIRA, 2017), ou seja, entre um íon e a carga parcial em certo lado de uma molécula polar (Figura 6).

Figura 6 - Interação entre um íon e moléculas polares



Fonte: Brown et al., 2005, p.377.

Na Figura 6, na letra (a), a carga negativa da molécula polar está orientada em direção a um cátion (representado pela esfera azul com sinal positivo), e na letra (b), as cargas positivas estão orientadas em direção a um ânion (representado pela esfera vermelha com sinal negativo), logo podemos perceber que há em ambas uma orientação atrativa que possibilita a interação íon-dipolo.

Essa interação “depende da carga do íon, da magnitude do momento de dipolo elétrico da molécula polar e da distância entre o íon e o dipolo” (JUNQUEIRA, 2017, p.72). Isso significa que as interações íon-dipolo serão fortes para pequenos íons que possuem carga de magnitude elevada. Entretanto, as moléculas polares têm de estar muito próximas de um íon – quase em contato – para que a interação seja significativa (ATKINS; JONES, 2012).

A interação do tipo íon-dipolo é “a responsável pela solvatação dos íons quando uma substância iônica se dissolve em água, por exemplo” (CURI, 2006, p.19). A hidratação de um sólido também é um outro exemplo, uma vez que

A hidratação acontece devido ao caráter polar da molécula de água. A carga parcial negativa do átomo de O é atraída pelo cátion e as cargas parciais positivas dos átomos de H são repelidas. Espera-se por isso, que moléculas de água se aglomerem ao redor do cátion, com os átomos de O apontando para o interior e os átomos de H apontando para o exterior. Espera-se o arranjo inverso no caso de um ânion: os átomos de H têm cargas parciais positivas; logo, eles são atraídos pela carga negativa do ânion. (ATKINS; JONES, 2012, p.173).

Mediante os exemplos de situações observadas no cotidiano, anteriormente mencionadas, a compreensão da interação íon-dipolo e dos demais tipos de Interações Intermoleculares possibilita explicar outros fenômenos vivenciados, como

[...] compreender o que acontece quando o sal “some” em contato com a água, porque a gordura da louça só é removida com o uso de um detergente/sabão ou ainda porque a mancha de graxa da roupa é tão difícil de remover com os materiais de limpeza habitualmente usados para lavar a roupa em casa [...] (AYRES; ARROIO, 2015, p.134).

Outros fenômenos que podem ser observados e explicados pelas Interações Intermoleculares, além da locomoção das lagartixas pelas paredes, são quando

[...] um pintor utiliza querosene para limpar o pincel; uma manicure quando retira esmalte das unhas utilizando acetato de etila; o ato de lavar um prato sujo de gordura, utilizando sabão ou detergente; o simples fato de um inseto sobrenadar quando pousa em um copo com água (PEREIRA; PIRES, 2012, p.392).

Além de essenciais à interpretação de fenômenos do dia a dia, as Interações Intermoleculares representam um conteúdo que se constitui como ponto chave para a compreensão das propriedades dos materiais e também permeiam diversos campos do conhecimento. Logo, são indispensáveis para a formação básica em Química do discente no Ensino Médio (MIRANDA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2019).

Mas para que os estudantes possam construir conhecimentos sobre as Interações Intermoleculares e possam associá-los aos fenômenos mencionados, a proposta curricular do Estado de Minas Gerais, por meio do Conteúdo Básico Comum (CBC) de Química (CBC, 2007), define como uma de suas habilidades que o aluno seja capaz de caracterizá-las,

compreender as características do modelo de Interações Intermoleculares e identificar a relatividade da intensidade das Interações nas substâncias moleculares.

Esta habilidade está associada a uma das competências da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias elencada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio, homologada em 2018:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local (BRASIL, 2018, p.553) (Grifo nosso).

Podemos associar os fenômenos naturais, que se espera que os estudantes analisem (grifado na citação anterior), às mudanças de estado de agregação da matéria, à tensão superficial da água, à diferença de densidade da água líquida e do gelo e à solubilidade de gases em água, já descritos ao longo do capítulo, e que podem ser explicadas por meio das Interações Intermoleculares.

Portanto, os documentos oficiais do Ministério da Educação, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os da Secretaria Estadual de Educação de Minas Gerais, como o Currículo Básico Comum (CBC), consideram a importância da abordagem das Interações Intermoleculares nas aulas de Química do Ensino Médio, para que o estudante seja capaz de entendê-las como parte do seu contexto e a partir daí, ampliar a sua compreensão para outras situações mais diversas.

Porém, pesquisas apontam que o desenvolvimento da aprendizagem sobre as Interações Intermoleculares no Ensino Médio, não tem atendido às orientações descritas pelos documentos oficiais. Uma das possíveis causas é o nível de abstração (microscópico) necessário para a compreensão do tema, o que leva ao uso de diferentes representações para explica-lo conceitualmente.

Essas mesmas representações podem fazer com que o ensino e o estudo do assunto sejam complexos e com potencial para gerar concepções equivocadas dos modelos científicos (MIRANDA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2019). É o que revela um estudo, no qual foram analisadas 525 respostas de estudantes em uma questão do exame de ingresso em uma determinada universidade brasileira. Destas, 321 apresentaram distorções nos conceitos de Ligações Químicas e de Interações Intermoleculares. (MIRANDA; BRAIBANTE e PAZINATO, 2018).

As distorções podem ser propiciadas e/ou potencializadas pela linguagem química usada por alguns livros didáticos, uma vez que esses podem representar a única ferramenta de acesso aos conceitos científicos em sala de aula (MIRANDA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2019).

Nesse sentido, o desenvolvimento de pesquisas que visem contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem de Interações Intermoleculares é muito importante para o cenário atual da Educação (MIRANDA, 2018). Por isso, esta pesquisa vem no sentido de verificarmos como é feita a abordagem das Interações Intermoleculares nos livros didáticos de Química do Ensino Médio (LDQ), aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) e nas questões de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Enem.

A partir do que foi posto até o momento, encaminharemos o segundo capítulo, que apresentará os livros didáticos de Química do Ensino Médio (LDQ), aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Os livros se constituem como um dos principais recursos didáticos utilizados nas escolas, se não o único, propiciadores do estudo das Interações Intermoleculares nas aulas de Química.

3 LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO

Sabemos que o livro didático não é o único recurso pedagógico usado nas salas de aula, pois com os avanços tecnológicos surgiu uma enorme variedade de materiais. Porém, ele continua sendo o material mais utilizado nas escolas (CARNEIRO; SANTOS; MÓL, 2005; CASSAB, 2012), podendo contribuir para a qualidade do aprendizado (FRISON et al., 2009). Esse, inclusive, foi um dos motivos que nos levou a escolher os livros didáticos de Química do Ensino Médio (LDQ) como um dos objetos de estudo dessa pesquisa, já que os mesmos podem se constituir como recursos propiciadores de uma abordagem mais didática e complementar à aula ministrada pelos professores.

O livro considerado “didático é o livro que vai ser utilizado em aulas e cursos, que provavelmente foi escrito, editado, vendido e comprado, tendo em vista essa utilização escolar sistemática” (LAJOLO, 1996, p.4), ou seja,

Para ser *didático*, um livro precisa ser usado, de forma sistemática, no ensino-aprendizagem de um determinado objeto do conhecimento humano, geralmente já consolidado como disciplina escolar (LAJOLO, 1996, p.4)

A Química é uma das disciplinas escolares que compõem a matriz curricular do Ensino Médio. Portanto, o LDQ é aquele que contém conceitos, informações e procedimentos desse campo científico (BRASIL, 2014), sobre a ciência, a tecnologia, o ambiente, a indústria, entre outros assuntos. Assim, ele tem sido continuamente aperfeiçoado para trazer não apenas os conteúdos escolares, mas também, para auxiliar os/as docentes na construção de estratégias didático-pedagógicas para o ensino (BRASIL, 2017b).

O LDQ, assim como os de outras disciplinas, tem a possibilidade de exercer

[...] quatro funções essenciais: referencial, instrumental, ideológica e documental, que podem se manifestar de formas diferentes de acordo com as características do ambiente escolar, tais como: a época, as disciplinas, os níveis de ensino, os métodos e as formas de utilização (CHOPIN, 2004, p.553).

A função referencial do livro se dá quando este é utilizado como um suporte privilegiado dos conteúdos educativos; a função instrumental, quando ele favorece a aquisição de competências disciplinares ou transversais, a apropriação de habilidades, de métodos de análise ou de resolução de problemas; a função ideológica, quando o recurso didático passa a

ser um vetor da língua, da cultura e das classes dirigentes, logo um instrumento privilegiado de construção de identidade; e a função documental, quando o livro se constitui como um conjunto de documentos textuais ou icônicos, cuja observação ou confrontação podem vir a desenvolver o espírito crítico do aluno (CHOPIN, 2004).

Em relação às duas primeiras funções – referencial e instrumental -, podemos inferir que a abordagem dos diferentes assuntos no LDQ, que, normalmente, são organizados em capítulos, pode contribuir para que os/as estudantes percebam as relações entre os níveis macroscópico, teórico e representacional, que são próprios do conhecimento químico (BRASIL, 2017b; HOMRICH et al., 2018), levando ao entendimento mais amplo da Química.

Porém, independentemente das funções direcionadas para o livro didático, no imaginário social é difícil vislumbrar o professor da Educação Básica sem ele e vice-versa. Essa relação do docente com esse instrumento pode se apresentar em uma ou mais das três formas citadas a seguir:

- a) com o professor utilizando-o para desenvolver o processo de ensino aprendizagem;
- b) com o instrumento se impondo ao professor, como que lhe ditando a forma de trabalho;
- c) com o professor renegando a validade do livro e construindo seus próprios instrumentos (MELO, 2016).

Dado os papéis atribuídos ao livro didático e a relação que pode ser estabelecida com o docente, houve a necessidade de incluí-lo nas políticas educacionais para que o poder público cumpra sua parte de garantir uma educação de qualidade para todos (LAJOLO, 1996). Em nosso país, os livros didáticos começaram a receber atenção a partir da criação da Comissão Nacional do Livro Didático, instituída pelo Decreto Lei nº 1.006, de 30 de dezembro de 1938, por meio da qual foi estabelecida a primeira política de legislação e controle de produção e circulação.

A partir da criação da referida Comissão, houve um período de 47 anos onde foram implementadas diferentes políticas públicas, destacando-se a Comissão do Livro Técnico e Livro Didático (1966), Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (1970) e o Programa Nacional do Livro Didático, este último implementado pelo Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985, com a finalidade de distribuir livros escolares aos estudantes matriculados nas escolas públicas de 1º Grau, atual Ensino Fundamental.

Em 1996, deu-se início ao processo de avaliação pedagógica dos livros inscritos no Programa Nacional do Livro Didático, que na época, era restrito ao Ensino Fundamental. Por meio do Programa, foi publicado o primeiro Guia de Livros Didáticos, que estabelecia critérios previamente discutidos, e em função disso, o material avaliado não poderia conter

erros conceituais ou indução a eles, desatualização, preconceito ou discriminação de qualquer tipo (BRASIL, 2014), segundo os preceitos da época.

Em 2003, o Programa Nacional do Livro Didático foi ampliado, passando a incluir o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Inicialmente, o PNLEM contemplou apenas os livros de Matemática e Português. Mas com o decreto nº 9.099 de 18 de julho de 2017, as ações de aquisição e distribuição de livros didáticos e literários ficaram unificadas e o Programa Nacional Biblioteca na Escola, junto com o Programa Nacional do Livro Didático, foram consolidados em um único, o Programa Nacional do Livro e Material didático (PNLD). Ainda de acordo com este decreto, cabe ao PNLD:

[...] disponibilizar obras didáticas, pedagógicas e literárias, entre outros materiais de apoio à prática educativa, de forma sistemática, regular e gratuita, às escolas públicas de Educação Básica das redes federal, estaduais, municipais e distrital, e também às instituições de Educação Infantil comunitárias, confessionais ou filantrópicas, sem fins lucrativos e conveniadas com o Poder Público (BRASIL, 2017b).

Assim, de acordo com a citação anterior, o PNLD investe bilhões de reais para efetuar a compra e distribuição de milhões de livros didáticos para as escolas públicas de Educação Básica de todo país, o que o torna um dos maiores programas de distribuição dos mesmos (OLIVEIRA; ROSA, 2016).

Em relação ao outro papel do PNLD, que é o de avaliar os livros didáticos, previamente inscritos pelas editoras, destacamos que são estabelecidos critérios para tal função. Eles estão descritos nos editais que são publicados a cada três anos. Assim, os livros didáticos, que estão nas escolas em 2020, foram avaliados de acordo com critérios presentes no edital do PNLD correspondente ao triênio de 2018. Nesta pesquisa, analisamos os LDQ que foram aprovados de acordo com os critérios do PNLD de 2012, 2015 e 2018.

No edital do PNLD de 2012, encontramos os seguintes critérios:

- (1) apresenta a Química como ciência que se preocupa com a dimensão ambiental dos problemas contemporâneos, levando em conta não somente situações e conceitos que envolvem as transformações da matéria e os artefatos tecnológicos em si, mas também os processos humanos subjacentes aos modos de produção do mundo do trabalho;
- (2) rompe com a possibilidade de construção de discursos maniqueístas a respeito da Química, calcados em crenças de que essa ciência é permanentemente responsável pelas catástrofes ambientais e pelos fenômenos de poluição, bem como pela artificialidade de produtos, principalmente aqueles relacionados com alimentação e remédios;

- (3) traz uma visão de ciência de natureza humana marcada pelo seu caráter provisório, ressaltando as limitações de cada modelo explicativo e apontando as necessidades de alterá-lo, por meio da exposição das diferentes possibilidades de aplicação e de pontos de vista;
- (4) aborda, no rol dos conhecimentos e das habilidades, noções e conceitos sobre propriedades das substâncias e dos materiais, sua caracterização, aspectos energéticos e dinâmicos, bem como os modelos de constituição da matéria a eles relacionados;
- (5) apresenta o pensamento químico como constituído por uma linguagem marcada por representações e símbolos especificamente significativos para essa ciência e mediados na relação pedagógica;
- (6) procura desenvolver conhecimentos e habilidades para a leitura e a compreensão de fórmulas nas suas diferentes formas, equações químicas, gráficos, esquemas e figuras a partir do conteúdo apresentado;
- (7) não apresenta atividades didáticas que enfatizem exclusivamente aprendizagens mecânicas, com a mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizada;
- (8) propõe experimentos adequados à realidade escolar, previamente testados e com periculosidade controlada, ressaltando a necessidade de alerta acerca dos cuidados específicos para cada procedimento;
- (9) traz uma visão de experimentação que se afine com uma perspectiva investigativa, que leve os jovens a pensar a ciência como campo de construção de conhecimento permeado por teoria e observação, pensamento e linguagem (BRASIL, 2011, p.9).

O último critério, mencionado na citação anterior, não aparece no edital de 2015, sendo substituído por outros dois, que junto aos oito que já apareceram no PNLD de 2012, totalizam 10 critérios. Os dois critérios que diferenciam o PNLD 2015, em relação ao PNLD de 2012, são:

- (1) apresenta o conhecimento químico de forma contextualizada, considerando dimensões sociais, econômicas e culturais da vida humana, em detrimento de visões simplistas acerca do cotidiano, estritamente voltadas à menção de exemplos ilustrativos genéricos que não podem ser considerados significativos como vivência;
- (2) trata os conteúdos articulando-os com outras disciplinas escolares, tanto na área das Ciências da Natureza quanto em outras áreas. (BRASIL, 2014, p.13)

Para o triênio de 2018, o PNLD classificou os critérios em seis blocos para avaliação dos LDQ, e eles estão citados no Anexo A do presente trabalho. Além dos 10 critérios existentes no PNLD de 2015, há outros sete que o complementa totalizando 17:

- 1) articula os códigos da Química com o campo teórico e o campo empírico dos fenômenos;
- 2) apresenta de modo correto, contextualizado e atualizado, conceitos, princípios, informações e procedimentos químicos;

- 3) contempla a abrangência teórico-conceitual da Química (história da ciência, CTSA, experimentação etc);
- 4) valoriza a construção do conhecimento químico a partir de uma linguagem constituída por representações e símbolos especificamente significativos para essa ciência e que necessitam ser mediados na relação pedagógica;
- 5) rompe com uma abordagem metodológica baseada em atividades didáticas que enfatizam exclusivamente aprendizagens mecânicas, com mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizada;
- 6) apresenta em suas atividades, uma visão de experimentação que se alinha com uma perspectiva investigativa, que contribua para que os jovens pensem a ciência como campo de construção de conhecimento permeado por teoria e observação, pensamento e linguagem;
- 7) favorece a apresentação de situações-problema que fomentem a compreensão dos fenômenos, bem como a construção de argumentações que favoreçam tomadas de decisão no exercício da cidadania. (BRASIL, 2017, p.18)

Todos os critérios e indicadores visam orientar como deve ser a abordagem dos conteúdos químicos nos livros didáticos, uma vez que

[...] restringir o potencial educativo da Química na escola é negar o direito aos/às estudantes de participarem desse mundo que se transforma cotidianamente, tanto do ponto de vista cultural e político, como também tecnológico e científico (BRASIL, 2017b, p.8).

A avaliação pedagógica dos LDQ, por meio do PNLD, é feita por uma comissão técnica específica, indicada por instituições e entidades da sociedade civil e aprovada pelo Ministro de Estado da Educação. Essa comissão é integrada por especialistas com competência na área científica, que são os professores doutores de diferentes universidades brasileiras de todas as regiões geográficas do Brasil; bacharéis e licenciados em Química; e doutores em áreas específicas da Química ou em ensino de Química. A maioria desses especialistas possui também experiência profissional na Educação Básica, como professores de Química no Ensino Médio (BRASIL, 2014, 2017b, 2017d).

Após aprovação pelo PNLD, ocorre a escolha dos livros didáticos pelo professor nas escolas. Nesse momento, ele “torna-se uma espécie de leitor privilegiado da obra didática, já que é a partir dele que o livro didático chega às mãos dos alunos” (LAJOLO, 1996, p.5). Essa ação está prevista desde a implantação do Decreto Lei n. 1006, de 1938 (MELO, 2006).

Os “critérios de escolha devem estar apoiados à adequação do livro didático ao projeto político-pedagógico da escola, às especificidades dos alunos, à necessidade do docente e à realidade sociocultural das instituições” (BRASIL, 2017b, p.10). Por isso, a adoção do livro

didático poderá ser única para cada escola; para cada grupo de escolas ou para todas as escolas da rede (BRASIL, 2017a).

Uma das utilidades atribuída ao LDQ pelos estudantes, é o estudo preparatório para os processos seletivos, que possibilitam o ingresso em instituições de Ensino Superior, como, por exemplo, o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Muitas vezes, o aluno conta apenas com este material para tal objetivo e, ao utilizá-lo, ele é contemplado com exercícios retirados do referido Exame, que estão inseridos ao longo e/ou ao final de cada capítulo.

Em dois LDQ, aprovados pelo PNLD 2018, aparecem as seções denominadas “Questões de Exames” em um deles, e “Vestibular e Enem”, no outro. As atividades são extraídas dos vestibulares de universidades brasileiras e do Enem e estão relacionadas ao que foi abordado no capítulo em que estão inseridas, para a/o estudante “se familiarizar com os exames de ingresso ao Ensino Superior (...)” (LISBOA et al., 2016, p.5).

Assim, vislumbramos uma importante relação entre os LDQ e o Enem, pois essas duas instâncias são importantes para o ensino e aprendizagem da Química do Ensino Médio e, por isso, possibilitam mostrar como as Interações Intermoleculares tem sido abordada nesse nível de ensino.

Portanto, no próximo capítulo, apresentaremos um breve histórico sobre o Exame Nacional do Ensino Médio, seus objetivos e as questões da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, nos quais são avaliadas as Interações Intermoleculares.

4 EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO

Aos livros didáticos de Química do Ensino Médio (LDQ) são atribuídas finalidades em relação ao ensino e à aprendizagem, conforme visto no capítulo anterior. Ele está presente nas escolas, sejam elas públicas ou particulares, e pode representar um apoio ao trabalho dos professores e ao estudo dos alunos no Ensino Médio, ampliando o conhecimento já adquirido.

Muitos conteúdos tratados nos LDQ são avaliados nos processos seletivos direcionados ao ingresso em instituições de Ensino Superior. Por isso, podemos afirmar que existe uma ligação entre esse recurso didático e o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).

O Enem é uma avaliação anual e de caráter voluntário, podendo participar qualquer interessado que preencha os requisitos colocados no edital (BRASIL, 2017c). Ele foi criado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), autarquia federal vinculada ao Ministério da Educação (MEC), e instituído pela Portaria nº438, de 28 de maio de 1998 (BRASIL, 2005). Desde esta data, o Inep é o órgão responsável pelo planejamento e implementação do Exame, além da promoção da avaliação contínua do processo, através da articulação permanente com especialistas em avaliação educacional e instituições de educação superior (BRASIL, 2017c).

Por ser uma das avaliações em larga escala, também conhecida como avaliação externa, o Enem integra a Política Nacional de Avaliação e Exames da Educação Básica. Essa Política atende a Lei de Diretrizes e Bases da Educação 9394 (LDB) de 20 de dezembro de 1996, que em seu Artigo 9º, inciso VI, consta que a União incumbir-se-á de:

VI - Assegurar processo nacional de avaliação do rendimento escolar no ensino fundamental, médio e superior, em colaboração com os sistemas de ensino, objetivando a definição de prioridades e a melhoria da qualidade do ensino (BRASIL, 1996).

Assim, para atender a LDB, ao ser criado, o Enem tinha como principal finalidade, a avaliação do desempenho do participante ao final do Ensino Médio, a partir das competências e habilidades que devem ser desenvolvidas, transformadas e fortalecidas com a mediação da escola (BRASIL, 2005; MARCELINO; RECENA, 2012; BRASIL, 2019b). Espera-se que, a partir dos resultados, sejam implementadas políticas públicas voltadas à melhoria da educação e o desenvolvimento de ações por parte da comunidade escolar (gestores, professores e estudantes).

Em sua primeira edição, em 1998, o Enem foi aplicado em 184 municípios brasileiros e contou com 115.575 participantes. No ano de 2001, houve um aumento significativo nesses números, e a aplicação passou a acontecer em 277 municípios e as inscrições começaram a ser realizadas via internet. No ano seguinte, em 2002, o Exame registrou 1.829.170 inscritos. Para atender à crescente demanda, houve um aumento do número de locais de realização das provas, passando a ser realizado em 600 municípios (BRASIL, 2019b).

A sexta edição do Enem, que foi em 2003, foi aplicada em 605 municípios e teve uma modificação no mapeamento do perfil dos participantes. Foi incluída no questionário socioeconômico uma questão referente ao ano de conclusão do Ensino Médio. Anteriormente, todos os participantes se declaravam concluintes por falta de outra opção, mas com a mudança, os “treineiros” passaram a ser identificados, e representavam 19% do total de 1.882.393 inscritos. Os “treineiros” são os participantes que fazem o Enem apenas para autoavaliação, porque ainda não estão cursando o Ensino Médio ou não o concluirão no respectivo ano de participação (BRASIL, 2019b).

Em 2004, o Programa Universidade Para Todos (Prouni) começou a utilizar as notas do Enem como um critério para a concessão de bolsas de estudo integrais ou parciais aos participantes. Isso repercutiu na quantidade de inscritos no ano posterior, em 2005, quando o Inep registrou um aumento considerável do número de inscritos, pois 3.004.491 pessoas fizeram o Exame nos 729 municípios em que foi realizado, contabilizando 121 a mais do que o ano anterior. Já em 2006, o número de municípios foi ampliado para 804 (BRASIL, 2019b).

Na sua décima edição, em 2007, o Enem foi aplicado em 1.324 municípios brasileiros, um alcance bem maior do que no ano em que foi instituído. Em 2008, o Exame completou uma década de criação, e nesse mesmo ano, o Inep e o MEC anunciaram que o Exame se tornaria o processo nacional de seleção para ingresso no Ensino Superior e para a certificação do Ensino Médio, o que provocaria mudanças em sua estruturação. Foi registrado que mais de 70% dos 4.018.050 inscritos fizeram o Enem para usar a pontuação obtida nele para ingressar em uma instituição de Ensino Superior, como forma única ou em uma das fases do vestibular (BRASIL, 2019b). Os demais participantes, que representavam 30%, estavam em busca da certificação de conclusão do Ensino Médio ou eram “treineiros”.

No ano seguinte, em 2009, é criado o Sistema de Seleção Unificada (Sisu) pelo Ministério da Educação, por meio do qual as instituições públicas de Ensino Superior destinam vagas em seus diferentes cursos. Assim, para obter a vaga, o participante utiliza o resultado do Exame como complemento das notas dos processos seletivos que ocorriam em mais de uma etapa ou ainda como substituição do mesmo (BARBOSA; DI RENZO, 2015).

Mas muitas universidades federais passaram a utilizar somente as notas do Enem, como única forma para o ingresso em seus respectivos cursos (COSTA; SANTOS; SILVA, 2016).

Nesse mesmo ano, o Exame tinha os seguintes objetivos:

- I) oferecer uma referência para que cada cidadão possa proceder à sua autoavaliação com vistas às suas escolhas futuras, tanto em relação ao mundo do trabalho quanto em relação à continuidade de estudos;
- II) estruturar uma avaliação ao final da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho;
- III) estruturar uma avaliação ao final da educação básica que sirva como modalidade alternativa ou complementar aos exames de acesso aos cursos profissionalizantes, pós-médios e à Educação Superior;
- IV) possibilitar a participação e criar condições de acesso a programas governamentais;
- V) promover a certificação de jovens e adultos no nível de conclusão do ensino médio nos termos do artigo 38, §§ 1º - e 2º - da Lei nº - 9.394/96 - Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB);
- VI) promover avaliação do desempenho acadêmico das escolas de ensino médio, de forma que cada unidade escolar receba o resultado global;
- VII) promover avaliação do desempenho acadêmico dos estudantes ingressantes nas Instituições de Educação Superior (BRASIL, 2009, p.56).

Podemos perceber que os objetivos VI e VII seguem as recomendações do inciso VI da LDB, o que acaba por repercutir na “reestruturação dos currículos do Ensino Médio” (MARCELINO; RECENA, 2012, p.148). Houve também uma reestruturação nas Matrizes de Referência do Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos (Encceja) para atender ao objetivo V.

Para atender esses e aos outros objetivos postos, o Enem sofreu mudanças no seu formato. A prova, que desde que foi criada, continha 63 questões objetivas, passou a ter 180, ou seja, 45 para cada uma das áreas do conhecimento: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias.

As 180 questões estão organizadas em cadernos de cores diferentes - azul, amarelo, branco, rosa, laranja, verde e cinza -, que variam em função do dia da aplicação (primeiro ou segundo dia) e são usadas para evitar fraudes. Apesar dos cadernos terem cores diferentes, as questões são as mesmas, mas a ordem é alterada em cada um, o que também altera o gabarito.

Além das questões das áreas mencionadas, o Exame ainda conta com uma Redação e, por isso, passou a ser realizado em dois dias. Ao longo dos anos as provas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias já foram aplicadas no primeiro dia junto com as de Ciências Humanas e suas Tecnologias, mas desde 2017 ela está sendo aplicada no segundo, dia junto

com Matemática e suas Tecnologias. A relação dos componentes curriculares que integram as áreas de conhecimento está disposta no Quadro 1.

Quadro 1 - Relação das Áreas de conhecimento e os Componentes Curriculares

Áreas de conhecimento	Componentes curriculares
Linguagens, Códigos e suas Tecnologias e Redação	Língua Portuguesa, Literatura, Língua Estrangeira (Inglês ou Espanhol), Artes, Educação Física e Tecnologias da Informação e Comunicação
Ciências Humanas e suas Tecnologias	História, Geografia, Filosofia e Sociologia
Ciências da Natureza e suas Tecnologias	Química, Física e Biologia
Matemática e suas Tecnologias	Matemática

Fonte: BRASIL, 2018, p.60.

Em 2010, a participação no Enem tornou-se um pré-requisito para o Fundo de Financiamento Estudantil (Fies) e as provas passaram a ser feitas em 1700 municípios. Nesse ano, o Inep começou a identificar dados dos inscritos relacionados a deficiência ou condição especial, contando com mais de 35.000, dos 3.420.999 participantes, nessa situação (BRASIL, 2019b).

O Exame também começou a ser aplicado para pessoas privadas de liberdade - detentos do sistema prisional e jovens do sistema socioeducativo (Enem PPL). As provas do Enem PPL têm o mesmo nível de dificuldade do Enem regular (BRASIL, 2019b). A única diferença é o local da realização, que é dentro de unidades prisionais e socioeducativas indicadas pelos respectivos órgãos de administração prisional e socioeducativa de cada unidade da Federação.

Para estar de acordo com as mudanças postas, duas novas finalidades foram atribuídas ao Enem, a partir de 2010, complementando os objetivos dispostos anteriormente, no ano de 2009:

- 1) a criação de referência nacional para o aperfeiçoamento dos currículos do ensino médio;
- 2) o desenvolvimento de estudos e indicadores sobre a educação brasileira (BRASIL, 2010, p.59).

O primeiro objetivo indica, mais explicitamente, a influência que o Exame pode exercer no planejamento e estruturação dos currículos da Educação Básica. Essa influência já foi comentada neste capítulo, diante dos objetivos propostos no ano de 2009. Por isso, ao iniciar essa pesquisa, vislumbramos a possível relação existente entre o Enem e os livros didáticos de Química do Ensino Médio.

Em 2013, aumentou a abrangência do Enem, devido ao fato que quase todas as instituições federais o adotaram como critério de seleção para o ingresso nos diferentes cursos. A nota do Exame passou também a ser utilizada para a concessão de bolsas de estudos provenientes do Programa Ciências sem Fronteiras.

No ano seguinte, em 2014, deu-se início às parcerias com instituições de Ensino Superior de Portugal, autorizadas a utilizar as notas do Enem em seus processos seletivos. Em 2015, o Exame passou a ser aplicado em 1723 municípios e a quantidade de treineiros representou 12% dos inscritos (BRASIL, 2019b).

Com o aumento crescente do número de participantes a cada ano, a existência de fraudes passou a ser uma preocupação dos organizadores. Para evita-las, a partir de 2016, deu-se início a coleta de dado biométrico durante a aplicação da prova, nos 1727 municípios que realizaram o Exame, conferindo uma maior idoneidade no processo (BRASIL, 2019b).

Antes de completar 20 anos de existência, em 2017, outras mudanças aconteceram, dentre elas, a certificação do Ensino Médio voltou a ser responsabilidade do Enceja e houve a estreia da vídeo prova em Libras para surdos e deficientes auditivos (BRASIL, 2019b). Esse estilo de prova, assim como o tradicionalmente utilizado, contempla questões que visam a identificação do desenvolvimento das competências e habilidades pelos participantes nas diferentes áreas do conhecimento.

Essas habilidades e competências estão indicadas na Matriz de Referência, que orienta a elaboração de questão de testes e provas; e a construção de escalas de proficiência, que definem o que e o quanto o discente realiza no contexto da avaliação. São 30 habilidades específicas de cada uma das áreas de conhecimento (BRASIL, 2015).

Além disso, a Matriz apresenta os eixos cognitivos, que são associações feitas entre as competências e as habilidades que se espera que o aluno tenha desenvolvido ao final do Ensino Médio. Ao todo são cinco eixos cognitivos comuns a todas as áreas de conhecimento. São eles: dominar linguagens; compreender fenômenos; enfrentar situações-problema; construir argumentação e elaborar propostas (BRASIL, 2015).

A Matriz também traz um anexo onde são listados os conteúdos de cada componente curricular, de forma sobrecarregada, fragmentada e linear (MACENO et al 2011), denominados Objetos de Conhecimento (BRASIL, 2015). As Interações Intermoleculares, tema da nossa pesquisa, é um desses Objetos de Conhecimento do componente curricular Química (Anexo A), elencado na referida Matriz, e por isso, estudar a sua abordagem no Enem pode nos fornecer algumas informações sobre como se espera que elas sejam tratadas no Ensino Médio.

Nesse sentido, o próximo capítulo apresentará o percurso metodológico utilizado para investigar a abordagem das Interações Intermoleculares nos livros didáticos de Química do Ensino Médio, aprovados pelo PNLD no período já indicado, e das questões do Enem, referentes à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, aplicadas de 2012 a 2019, buscando uma relação entre esses dois objetos de estudo.

5 PERCURSO METODOLÓGICO

O objetivo geral de nossa pesquisa foi analisar a abordagem das Interações Intermoleculares no Ensino Médio através de duas vertentes – nos livros didáticos de Química do Ensino Médio (LDQ), aprovados em três triênios pelo PNLD, e nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Consideramos esses dois documentos como nossos objetos de estudo por serem uma fonte rica, natural e estável de dados.

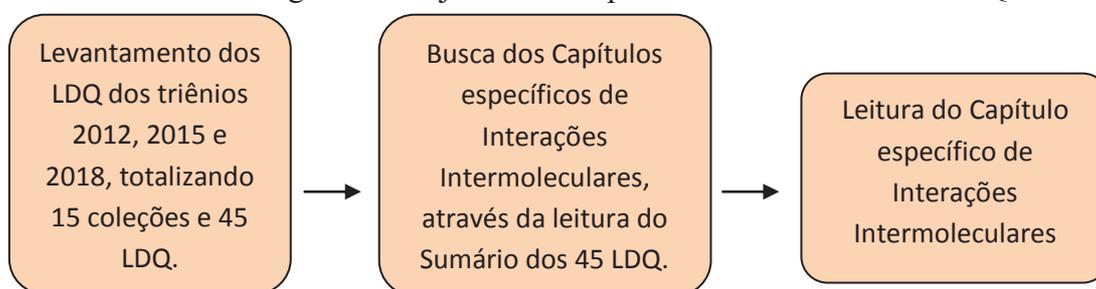
Assim, eles conferiram um caráter documental à nossa pesquisa (GIL, 2002; LUDKE; ANDRÉ, 2004), pois neles, buscamos identificar informações que respondessem a questão de pesquisa, mencionada na Apresentação. De acordo com Bardin (2011, p.46), “a análise documental permite passar de um documento primário (em bruto), para um documento secundário (representação do primeiro)”.

O nosso estudo também possui uma abordagem qualitativa porque “ele se constrói enfatizando não a quantificação, mas sim, a descrição dos dados recolhidos, a partir de um olhar cuidadoso e crítico das fontes documentais (SILVA et al., 2009, p.4556)”.

5.1 PROCESSO DA COLETA DE DADOS NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO.

Para a coleta de dados nos livros didáticos de Química do Ensino Médio (LDQ), seguimos três etapas, que estão sintetizadas na Figura 7.

Figura 7 - Trajetória da etapa de coleta de dados dos LDQ.



Fonte: elaborada pela pesquisadora.

Primeiramente, acessamos o *site* do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE)¹, do Ministério da Educação (MEC), para buscarmos as coleções aprovadas nos triênios de 2012, 2015 e 2018, do componente curricular Química. Elas foram localizadas no Guia do Livro Didático.

Todas as 15 coleções selecionadas são compostas por três LDQ, sendo um para cada ano do Ensino Médio. Entendemos por coleção, “o conjunto organizado em volumes, inscrita sob um único e mesmo título, ordenado em torno de uma proposta pedagógica única e de uma progressão didática articulada com o componente curricular do Ensino Médio” (BRASIL, 2017b, p. 8).

A quantidade de coleções aprovadas foi diferente a cada triênio. Em 2012, foram cinco, diminuindo para quatro em 2015, e aumentando para seis no triênio de 2018. Portanto, houve variação no número de livros aprovados, conforme observamos na Tabela 3.

Tabela 3 - Relação da quantidade de coleções e LDQ em cada triênio do PNLD analisados nesta pesquisa.

PNLD			
Triênios	2012	2015	2018
Quantidade de Coleções de LDQ	5	4	6
Quantidade de LDQ	15	12	18

Fonte: elaborada pela pesquisadora.

As Interações Intermoleculares podem ser mencionadas em diferentes capítulos dos LDQ Porém em nossa pesquisa, nos direcionamos para o capítulo que aborda especificamente esse assunto, pois acreditamos que ele traria uma explicação mais aprofundada dos conceitos

E para isso fizemos o levantamento dessas obras, impressas e digitalizadas, buscando selecionar os capítulos a serem analisados, através da leitura minuciosa do sumário de todos os 45 LDQ. Para a seleção, utilizamos como critério ter no título do capítulo uma das seguintes palavras-chave: Interações Intermoleculares, Forças Intermoleculares, Interações Químicas ou Interações Moleculares, assim como as denominações dadas aos tipos dessa Interação (dipolo-dipolo, dipolo permanente-dipolo permanente, dipolo induzido-dipolo induzido, Forças de van der Waals, Dispersão de London, dipolo-dipolo induzido, Ligação de Hidrogênio) e também por íon-dipolo. Seguindo esse critério, os capítulos analisados estão citados nos Quadros 2, 3 e 4.

¹ Portal do FNDE: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>. Acesso: 20 out. 2019.

Quadro 2 - Coleções de Química aprovados pelo PNLD em 2012.

LDQ	Coleção	Editora	Autores/organizadores	Título do Capítulo
1	Química - Meio Ambiente, Cidadania, Tecnologia	FTD	Martha Reis Marques da Fonseca	Capítulo 18 - Forças intermoleculares.
2	Química	Scipione	Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado	Capítulo 9 - Ligações químicas, Interações Intermoleculares e propriedades dos materiais.
3	Química Cidadã	Nova Geração	Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól e (coordenadores)	Capítulo 8 – Interações entre constituintes e propriedades de substâncias inorgânicas e orgânicas
4	Ser Protagonista	SM	Julio Cesar Foschini Lisboa (Editor responsável)	Capítulo 12 – Estrutura molecular e propriedades dos Materiais: forças intermoleculares.
5	Química na abordagem do cotidiano	Moderna	Eduardo Leite do Canto e Francisco Miragaia Peruzzo	Capítulo 9 – Geometria molecular e ligações químicas Intermoleculares.

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Quadro 3- Coleções de Química aprovados pelo PNLD em 2015.

LDQ	Coleção	Editora	Autores/organizadores	Título do Capítulo
6	Química	Ática	Martha Reis Marques da Fonseca	Capítulo 15- Forças intermoleculares
7	Química	Scipione	Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado	Capítulo 9 - Ligações químicas, Interações Intermoleculares e propriedades dos materiais.
8	Química Cidadã	AJS	Wildson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mól (coordenadores)	Capítulo 8 – Substâncias inorgânicas: Interações entre os constituintes; Forças intermoleculares;
9	Ser protagonista-Química	SM	Murilo Tissoni Antunes (Editor responsável)	Capítulo 10 – Estrutura molecular e propriedades dos materiais: forças intermoleculares.

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Quadro 4 - Coleções de Química aprovados pelo PNLD em 2018

LDQ	Coleção	Editora	Autores/Organizadores	Título do Capítulo
10	Química	Ática	Martha Reis Marques da Fonseca	Capítulo 8: Ligações covalentes e Forças

				Intermoleculares;
11	Química	Scipione	Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado	Capítulo 9: Ligações químicas, interações intermoleculares e propriedades dos materiais; Interações Intermoleculares
12	Química Cidadã	AJS	Widson Luiz Pereira dos Santos e Gerson de Souza Mol (coordenadores)	Capítulo 7 - Substâncias: interações e propriedades.
13	Ser Protagonista	SM	Lia Monguilhott Bezerra (Editor responsável)	Capítulo 8: Estrutura molecular e propriedades dos materiais: forças intermoleculares;
14	VIVÁ Química	Positivo	Vera Novais e Murilo Tissoni Antunes	Capítulo 2: Desenvolvimento da Química Orgânica; Interações moleculares.
15	Química	Moderna	Carlos Alberto Mattoso Ciscato, Emiliano Chemello, Luis Fernando Pereira, Patrícia Barrientos Proti	Capítulo 6: O gás oxigênio e sua importância para a vida na Terra.

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Os capítulos, citados nos Quadros 2, 3 e 4, estão no volume 1 de quase todas as obras, com exceção da VIVÁ da Editora Positivo (Quadro 4), na qual o tema é abordado no volume 3.

Pela análise dos Quadros 2, 3 e 4, percebemos que quatro coleções aparecem em todos os triênios (elas aparecem em negrito) e três aparecem em apenas um deles.

Uma das coleções que permaneceram nos três triênios é de autoria de Martha Reis. Entretanto, houve uma mudança na editora e no título da obra. No triênio de 2012, o livro foi denominado - Química, Meio ambiente, Cidadania e Tecnologia. Já nos triênios de 2015 e 2018, passou a se chamar apenas Química. Apesar da mudança, a organização e estruturação do capítulo de Interações Intermoleculares é a mesma.

Outra mudança observada foi na coleção Química Ser Protagonista, que a cada triênio apresentou um editor responsável diferente. Um desses editores - Murilo Tissoni Antunes (Quadro 3) passou a ser autor de outra coleção, a VIVÁ, no triênio de 2018 (Quadro 4).

Contudo, a troca de editores a cada triênio, assim como na coleção de autoria de Martha Reis, não interferiu no conteúdo dos capítulos analisados.

5.2 COLETA DE DADOS NAS QUESTÕES DO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO

Para a realização da coleta de dados, acessamos o *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP)², em busca das edições do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) de nosso interesse, ou seja, os cadernos aplicados no período de 2012 a 2019, e fizemos o *download* somente do caderno azul. Conforme mencionamos no Capítulo 3, os cadernos de cores azul, amarelo, branco, rosa, laranja, verde e cinza apresentam as mesmas questões, porém, organizadas em uma ordem diferente em cada um deles.

Nos oito cadernos de cor azul, fizemos a leitura minuciosa de cada questão (ao todo foram 360 questões, sendo 45 em cada um dos oito anos) da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, buscando os termos Interações Intermoleculares, Forças Intermoleculares e Interações Químicas, assim como as denominações dadas aos tipos dessa Interação (dipolo-dipolo, dipolo permanente-dipolo permanente, dipolo-dipolo induzido, ligação de hidrogênio, dipolo induzido-dipolo induzido) e também íon-dipolo. Ao todo encontramos cinco questões de acordo com essa busca (Quadro 5).

Quadro 5 - Numeração das questões selecionadas nas diferentes edições do Enem

Denominação das Questões	Edição do Enem	Caderno Azul
Q1	2013	Q86
Q2	2016	Q60
Q3	2017	Q102
Q4	2017	Q131
Q5	2019	Q112

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

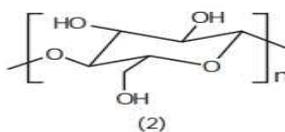
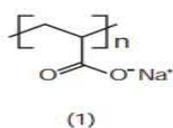
O Quadro 5 foi elaborado a partir da seleção das questões feitas por meio das palavras-chave citadas anteriormente. Para ilustrar como foi feito, mostramos a Figura 8. As palavras consideradas como critério para seleção estão sublinhadas.

² <http://portal.inep.gov.br/provas-e-gabaritos>. Acessado em 15 de dezembro de 2019.

Figura 8 - Questão selecionada do Enem (Q1) aplicada em 2013.

Questão 86

As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliacrilato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



CURI, D. Química Nova na Escola, São Paulo, n. 23, maio 2006 (adaptado).

A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

A interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

B interações íon-íon mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

C ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.

D ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.

E interações íon-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

Fonte: BRASIL, 2013.

5.3 ANÁLISE DE DADOS

Para a análise e interpretação dos dados, seguimos as etapas da Análise de Conteúdo, que são: pré-análise; exploração do material; tratamento dos resultados, inferência e interpretação (BARDIN, 2011).

Dessa forma, inicialmente, fizemos a pré-análise, com a leitura flutuante dos LDQ e das questões de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do caderno azul do Enem, para definirmos o *corpus* de análise - conjunto de documentos que foram colocados para a submissão dos procedimentos analíticos (BARDIN, 2011).

Na etapa seguinte, a exploração do material foi feita para o aprofundamento do *corpus* de análise, através de uma leitura exaustiva, buscando indícios que respondesse a questão de pesquisa proposta. Dela emergiram sete categorias, que auxiliaram a análise dos dados e fundamentaram-se nos objetivos. São elas:

- a) Definição dada às Interações Intermoleculares;
- b) Nomes dados aos tipos de Interações Intermoleculares;

- c) Utiliza fenômenos ou situações do cotidiano para exemplificar ou explicar as Interações Intermoleculares;
- d) Presença de representações (fórmula química, equação química, gráfico, quadro, tabela e imagens) usadas como auxílio (suporte) à explicação das Interações Intermoleculares;
- e) Proposta de experimentação;
- f) Menção da Interação íon-dipolo;
- g) Apresentação de algumas Propriedades Físicas (tais como: Ponto de Ebulição, Solubilidade, Tensão Superficial da Água) em função das Interações Intermoleculares.

Na última etapa, correspondente ao tratamento dos resultados, interpretação e inferência, após a reavaliação das categorias criadas, destacamos as unidades de registro, que são aquelas de significação, a serem codificadas e podem ser uma palavra, uma frase ou um parágrafo; e as unidades de contexto (unidades de compreensão para codificar os significados da unidade de registro) (BARDIN, 2011) dos capítulos dos LDQ selecionados e das questões das Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Enem.

As unidades de registro e de contexto foram categorizadas e a partir disso, as informações foram tratadas e codificadas. Nessa fase, descrevemos e interpretamos o conteúdo das mensagens, buscando dar respostas à problemática que motivou a pesquisa e, assim, corroborando com a produção de conhecimento teórico relevante (SILVA et al., 2009).

O percurso metodológico que foi feito, e descrito até o momento, nos permitiu obter os resultados da pesquisa, que serão apresentados e discutidos no próximo capítulo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionamos na Apresentação, o objetivo desta dissertação é verificar quais as relações existentes na abordagem das Interações Intermoleculares nos LDQ, aprovados em três triênios pelo PNLD, e nas questões do Enem aplicadas nos anos de 2012 a 2019. Dessa forma, no presente capítulo, apontaremos os resultados obtidos pela análise dos referidos documentos.

6.1 DENOMINAÇÕES USADAS PARA EXPRESSAR AS INTERAÇÕES INTERMOLECULARES E OS SEUS TIPOS.

As Interações Intermoleculares podem receber diferentes nomes. Por meio da análise dos LDQ, identificamos cinco outros termos, como mostra o Quadro 6.

Quadro 6 – Termos utilizados nos LDQ para expressar as Interações Intermoleculares

Termos utilizados para as Interações Intermoleculares	LDQ que usam o termo
Forças Intermoleculares	1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12 e 13
Interações de van der Waals	3, 4, 8, 9, 12, 13, 14 e 15
Forças de van der Waals	1, 4, 6, 9, 10, 13 e 14
Interações Intermoleculares	2, 5, 7, 11 e 15
Ligações Intermoleculares	5
Interações Moleculares	14

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

No Quadro 6, verificamos que o termo mais usado pelos LDQ é Forças Intermoleculares, pois aparece em 10 dos 15 livros. Dentre esses dez livros, LDQ 4, 9 e 13, LDQ 1, 6 e 10 e LDQ 3, 8 e 12 fazem parte da mesma coleção e/ou autoria. Por isso, esperávamos que eles apresentassem as mesmas denominações.

As denominações que menos aparecem são Ligações Intermoleculares que está no LDQ 5, pertinente a uma coleção aprovada apenas em 2012; e Interações Moleculares, no LDQ 14, pertencente a uma coleção do PNLD presente unicamente no triênio de 2018, conforme visto nos Quadros 2 e 4.

De acordo com Miranda et al. (2018, p.396), “a interação química está relacionada com a atração ou repulsão entre moléculas ou íons entre si, sem que ocorra quebra ou formação de

novas ligações químicas”, nesse sentido o termo Ligações Intermoleculares não é o mais apropriado, o que pode justificar o fato de ser encontrado apenas no LDQ 5.

Notamos ainda que 12 LDQ (1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14 e 15) usam mais de um termo para designar as interações que acontecem entre as moléculas. Os diferentes nomes, usados pelos livros, possibilitam aos alunos pensarem que se tratam de conceitos diferentes, pois não há uma ênfase em explicações no nível microscópico, o que leva os estudantes apenas a memorização dos nomes.

Para exemplificar, extraímos um trecho de LDQ 4, que também aparece em LDQ 9 e LDQ 13:

No estado gasoso, as moléculas encontram-se muito separadas umas das outras, praticamente não existem forças atrativas entre elas; por isso, os gases tendem a ocupar totalmente os recipientes que os contém. Já nos estados líquido e sólido, o que impede que as moléculas se difundam por todo o recipiente são forças atrativas entre elas. Essas forças são denominadas **forças intermoleculares, forças de van der Waals ou interações de van der Waals** (LDQ4, 2010, p.225; LDQ 9, 2013, p.168; LDQ 13, 2016, p.150) (Grifo dos autores).

Pela citação anterior, destacada dos três livros mencionados, notamos que Forças e Interações de van der Waals são utilizadas para designar as forças atrativas existentes entre as moléculas, sem considerar a polaridade das mesmas. Assim também o fazem os LDQ 1, 6, 10; 3, 8, 12; 14 e 15, como aponta o Quadro 7.

Quadro 7 – Conceitos de Interações ou Forças de van der Waals encontrados nos LDQ.

LDQ	Conceito
LDQ 1, LDQ 6 e LDQ 10	<i>As forças que se estabelecem entre as moléculas são denominadas forças de van der Waals [...].(LDQ 1, 2010, p.291; LDQ 6, 2014, p.245; LDQ 10, 2016, p.215). (Grifo da autora).</i>
LDQ 3, LDQ 8 e LDQ 12	<i>As interações entre as moléculas são chamadas de interações de van der Waals. (LDQ 3, 2010, p.299; LDQ 8, 2013, p.266; LDQ 12, 2016, p.263). (Grifo dos autores)</i>
LDQ 14	<i>Em homenagem a esse cientista, as forças de interação entre quaisquer tipos de moléculas (polares ou apolares) foram denominadas interações ou (forças) de van der Waals. (LDQ 14, 2016, p.59). (Grifo dos autores).</i>
LDQ 15	<i>As forças atrativas entre as moléculas têm natureza eletrostática [...]. Essas interações, chamadas interações intermoleculares ou de van der Waals, ocorrem tanto entre moléculas polares como entre moléculas apolares (LDQ 15, 2016, p.229)(Grifo dos autores).</i>

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Nestes livros citados no Quadro 7, assim como nos LDQ 4, 9 e 13, as Interações e Forças de van der Waals incluem os seguintes tipos: dipolo-dipolo (dipolo permanente-dipolo permanente ou dipolo permanente); dipolo-dipolo induzido (ou Força de London), dipolo induzido-dipolo induzido (dipolo instantâneo-dipolo instantâneo, dipolo induzido, dipolo instantâneo-dipolo induzido ou Forças de London) e as Ligações de Hidrogênio (ou Pontes de Hidrogênio), como é apresentado no Quadro 8.

Quadro 8- Tipos de interação que são reconhecidos por Forças ou Interações de van der Waals.

LDQ	Tipos de interações que são reconhecidas como Forças ou Interações de van der Waals
1, 6 e 10	Dipolo induzido; dipolo permanente e Ligações de Hidrogênio.
3, 8 e 12	Força de London (ou dipolo-dipolo induzido), dipolo-dipolo e Ligações de Hidrogênio.
4, 9 e 13	Dipolo instantâneo-dipolo induzido (ou Forças de London), Dipolo-dipolo induzido, Dipolo-dipolo (ou dipolo permanente), Ligações de Hidrogênio (ou Pontes de Hidrogênio).
14	Dipolo induzido-dipolo induzido (ou dipolo instantâneo-dipolo instantâneo); dipolo permanente-dipolo permanente.
15	Dipolo instantâneo-dipolo induzido (ou Forças de London), dipolo permanente-dipolo permanente (ou dipolo-dipolo), dipolo-dipolo induzido, Ligações de Hidrogênio.

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

As denominações apresentadas no Quadro 8 são citadas e explicadas em todos os 11 LDQ, após a conceituação das Forças ou Interações de van der Waals. Os livros usaram representações para cada interação, que são acompanhadas de exemplos com moléculas de cloreto de hidrogênio, gás oxigênio, bromo líquido, fluoreto de hidrogênio, água e etanol. Contudo, a denominação Interações ou Forças de van der Waals para designar as interações de forma geral, não aparece em LDQ 2, 7, 11. Nestas obras, o termo representa um dos tipos de Interação Intermolecular apresentados por esses materiais didáticos.

Essas interações, que explicam as temperaturas de fusão e de ebulição formadas por moléculas apolares, constituem uma categoria ampla de forças de atração intermoleculares chamadas de **interações ou forças de van der Waals** (LDQ 2, 2012, p.261; LDQ 7, 2013, p. 290; LDQ 11, 2017, p.262) (Grifo dos autores).

Como já mostramos no Quadro 6, para designar as interações que ocorrem entre as moléculas, os autores destes livros utilizam a denominação Interações Intermoleculares, definindo-as com aquelas “responsáveis pela agregação das partículas submicroscópicas (as moléculas) em conjuntos macroscópicos, cujas propriedades podemos investigar” (LDQ 2, 2012, p. 261; LDQ 7, 2013, p. 290; LDQ 11, 2017, p. 262).

A classificação dos tipos de Interações Intermoleculares são: interações ou forças de van der Waals, dipolo-dipolo induzido, dipolo-dipolo e Ligações de Hidrogênio. Ela aparece logo após os autores apresentarem a diferença entre Interações Intramoleculares e Intermoleculares.

LDQ 5 não utiliza a denominação Forças de van der Waals ao se referir as interações que acontecem entre as moléculas apolares, mas sim, a dipolo induzido-dipolo induzido. Entretanto, este livro comenta que alguns autores podem utilizá-la:

Apesar de fracas, são o único tipo de interação intermolecular que ocorre entre as moléculas de substância apolares. Alguns autores chamam essas interações de *forças de van der Waals*. Contudo, outros autores usam a expressão *forças de van der Waals* como sinônimo de forças intermoleculares, de modo geral (LDQ 5, 2010, p.181).

No mesmo LDQ encontramos que as Interações ou Forças Intermoleculares (Quadro 6) são aquelas que “mantêm as moléculas unidas nos estados sólido e líquido” (LDQ 5, 2010, p.179). Para designar os diferentes tipos, os autores utilizam os seguintes termos: dipolo permanente-dipolo permanente (ou dipolo-dipolo ou interação dipolar); Ligações de Hidrogênio (ou Pontes de Hidrogênio) e dipolo instantâneo-dipolo induzido.

De acordo com as citações encontradas nos livros de Química do Ensino Superior, Brown et al. (2016, p.470) destaca que:

Existem três tipos de atrações intermoleculares entre moléculas eletronicamente neutras: força de dispersão, atrações dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio. Juntas, as duas primeiras são chamadas de forças de van der Waals.

A citação anterior expõe que as Forças de van der Waals são designadas para se referirem a dois tipos de interações, excluindo as Ligações de Hidrogênio. Atkins e Jones (2012) apontam para a mesma direção, mas acrescentam as interações dipolo-dipolo induzido às outras duas citadas por Brown et al. (2016), e afirmam que elas são “conhecidas

coletivamente como Interações de van der Waals, para honrar o cientista holandês Johannes van der Waals, que as estudou profundamente” (p.170).

O não reconhecimento das Ligações de Hidrogênio como um dos tipos de Interação ou Força de van der Waals também foi identificado em LDQ 14, como pode ser visto no Quadro 8, aproximando-se das classificações de Brown et al. (2016) e Atkins e Jones (2016).

Em homenagem a esse cientista, as forças de interação entre quaisquer tipos de moléculas (polares ou apolares) foram denominadas interações (ou forças) de van der Waals. Porém, um tipo de interação, as ligações de hidrogênio, é considerada um caso à parte (LDQ 14, 2016, p.59).

Pode ser que as Ligações de Hidrogênio não sejam reconhecidas como Interações ou Forças de van der Waals por apresentarem a particularidade de ocorrerem

[...] quando um átomo de hidrogênio ligado covalentemente a um átomo pequeno e fortemente eletronegativo, especificamente nitrogênio, flúor e oxigênio, é atraído pelo par isolado de elétrons de outro átomo de nitrogênio, flúor e oxigênio. É realçado que os átomos envolvidos têm que ser altamente eletronegativos e devem ter pelo menos um par de elétrons isolado (JUNQUEIRA, 2017, p.83).

Contudo, este tipo de interação, assim como a dipolo-dipolo, acontece entre moléculas polares, que são aquelas que apresentam a distribuição de cargas elétricas de maneira não uniforme, ou seja, com momento dipolo diferente de zero (ATKINS; JONES, 2012), apresentando, portanto, um polo positivo e um negativo.

As Ligações de Hidrogênio são reconhecidas também como Pontes de Hidrogênio nos LDQ 4, 9, 13 (Quadro 8), 5 e 14. Do LDQ 5, destacamos o seguinte trecho: “Essa interação entre moléculas recebe o nome de **ligação de hidrogênio** (ou numa denominação mais antiga, **pontes de hidrogênio**)” (LDQ 5, 2010, p.179). (Grifo dos autores).

Pontes de Hidrogênio inclusive, era a denominação preferida de um dos proponentes dessa interação (HERBST; MONTEIRO FILHO, 2019). Apesar de ser um nome usado por muitos outros autores, a International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) recomenda o uso de Ligações de Hidrogênio.

Diante dos resultados colocados até o momento, observamos que os 15 LDQ mencionam pelo menos um dos termos - Interações ou Forças de van der Waals - no capítulo analisado, independentemente de ser considerado como uma interação de forma geral ou representando um dos tipos.

Outra conceituação que identifica as interações entre as moléculas é Interações Intermoleculares, que aparece em LDQ 2, 5, 7, 11 e 15 e está no Quadro 9.

Quadro 9– Conceito de Interações Intermoleculares nos LDQ 2, 5, 7, 11 e 15.

LDQ	Conceito de Interações Intermoleculares
2, 7, 11	<i>São as interações que ocorrem entre moléculas e que determinam a suas propriedades físicas (LDQ 2, 2012, p.261; LDQ 7, 2013, p.261; LDQ 11, 2017, p.263).</i>
5	<i>O que mantém as moléculas unidas nos estados sólidos e líquidos são as chamadas ligações, forças ou interações intermoleculares (LDQ 5, 2010, p.179).</i>
15	<i>As forças atrativas entre as moléculas têm natureza eletrostática [...]. Essas interações, chamadas interações intermoleculares ou de van der Waals, ocorrem tanto entre moléculas polares como entre moléculas apolares (LDQ 15, 2016, p.229)(Grifo dos autores).</i>

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Em relação aos conceitos de Interações Intermoleculares encontrados nos LDQ (Quadro 9), todos apontam para algo que ocorre entre as moléculas e as mantêm unidas. Mas seria importante o reconhecimento inicial, junto a definição, que todas elas ocorrem devido a natureza elétrica das moléculas (BROWN et al., 2016), como observamos em LDQ 3, 8 e 12 e em LDQ 15. Nestes livros, as explicações sobre a carga elétrica são colocadas no início do capítulo, antes da apresentação dos tipos de interações que ocorrem entre as moléculas.

Agora podemos entender a natureza das forças que existem entre as moléculas [...]. Apesar de as moléculas serem constituídas por átomos neutros, que não perdem nem ganham elétrons, vimos que em muitas há existência de dipolos elétricos permanentes e, como consequência, ocorrem interações elétricas entre elas (LDQ 3, 2010, p.299; LDQ 8, 2013, p.266; LDQ 12, 2016, p.263).

Em LDQ 15, aprovado apenas em 2018, aparece, inclusive, a simbologia dos polos positivo e negativo das 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 ou menor densidade de carga negativa, indicadas, respectivamente por δ^- e δ^+ (LDQ 15, 2016, p.229).

Os demais 11 LDQ analisados na pesquisa, quando mencionam a natureza elétrica das moléculas o fazem apenas no momento da explicação dos diferentes tipos de interação (dipolo-dipolo, dipolo-induzido-dipolo induzido, dipolo-dipolo-induzido e Ligações de Hidrogênio). Porém, se essa informação fosse colocada inicialmente, seria mais fácil a compreensão que a Interação Intermolecular existe entre todos os tipos de moléculas, mesmo nas apolares, pois uma pode induzir o momento de dipolo em outra (ATKINS; JONES, 2012).

Já em relação às cinco questões do Enem analisadas, Q2 (Figura 9) e Q4 (Figura 10) trazem a denominação Interações Intermoleculares no enunciado, outra, Q5 (Figura 11), Forças Intermoleculares em uma das alternativas, e duas, Q1 e Q3 (Figuras 8 e Figura 12, respectivamente), não mencionam nenhum dos nomes, colocando apenas os tipos de interações.

Figura 9– Questão do Enem (Q2) que utiliza a denominação Interações Intermoleculares.

QUESTÃO 60

O carvão ativado é um material que possui elevado teor de carbono, sendo muito utilizado para a remoção de compostos orgânicos voláteis do meio, como o benzeno. Para a remoção desses compostos, utiliza-se a adsorção. Esse fenômeno ocorre por meio de interações do tipo intermoleculares entre a superfície do carvão (adsorvente) e o benzeno (adsorvato, substância adsorvida).

No caso apresentado, entre o adsorvente e a substância adsorvida ocorre a formação de:

- A) Ligações dissulfeto.
- B) Ligações covalentes.
- C) Ligações de hidrogênio.
- D) Interações dipolo induzido – dipolo induzido.
- E) Interações dipolo permanente – dipolo permanente.

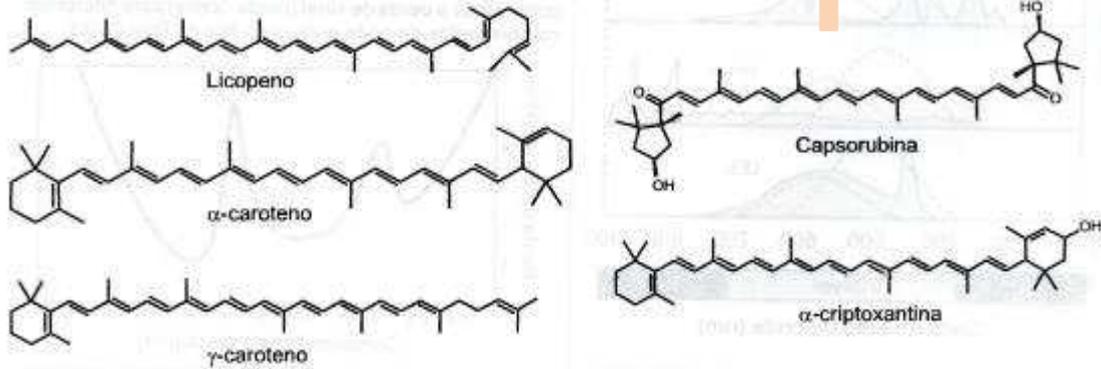
Fonte: BRASIL, 2016.

Figura 10 - Questão do Enem (Q4) que utiliza a denominação Interações Intermoleculares.

QUESTÃO 130

A cromatografia em papel é um método de separação que se baseia na migração diferencial dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis. Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. A fase estacionária consiste de celulose praticamente pura, que pode absorver até 22% de água. É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida e que interage com a fase móvel, também líquida (partição líquido-líquido). Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase estacionária migram mais lentamente.

Uma mistura de hexano com 5% (v/v) de acetona foi utilizada como fase móvel na separação dos componentes de um extrato vegetal obtido a partir de pimentões. Considere que esse extrato contém as substâncias representadas.



RIBEIRO, N. M.; NUNES, C. R. Análise de pigmentos de pimentões por cromatografia em papel. *Química Nova na Escola*, n. 29, ago. 2008 (adaptado).

A substância presente na mistura que migra mais lentamente é o(a)

- A licopeno.
- B α -caroteno.
- C γ -caroteno.
- D capsorubina.
- E α -criptoxantina.

Fonte: BRASIL, 2017d.

Figura 11 – Questão do Enem (Q5) que utiliza a denominação Forças intermoleculares

Questão 112

Os hidrocarbonetos são moléculas orgânicas com uma série de aplicações industriais. Por exemplo, eles estão presentes em grande quantidade nas diversas frações do petróleo e normalmente são separados por destilação fracionada, com base em suas temperaturas de ebulição. O quadro apresenta as principais frações obtidas na destilação do petróleo em diferentes faixas de temperaturas.

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produto(s)	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral C_nH_{2n+2})
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	C_1 a C_4
2	30 a 180	Gasolina	C_6 a C_{12}
3	170 a 290	Querosene	C_{11} a C_{16}
4	260 a 350	Óleo diesel	C_{14} a C_{18}

SANTA MARIA, L. C. et al. Petróleo: um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 15, maio 2002 (adaptado).

Na fração 4, a separação dos compostos ocorre em temperaturas mais elevadas porque

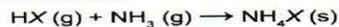
- A suas densidades são maiores.
- B o número de ramificações é maior.
- C sua solubilidade no petróleo é maior.
- D as forças intermoleculares são mais intensas.
- E a cadeia carbônica é mais difícil de ser quebrada.

Fonte: BRASIL, 2019c.

Figura 12– Questão do Enem (Q3) que mostra a citação da Interação Intermolecular do tipo dipolo-dipolo induzido.

QUESTÃO 102

Partículas microscópicas existentes na atmosfera funcionam como núcleos de condensação de vapor de água que, sob condições adequadas de temperatura e pressão, propiciam a formação das nuvens e consequentemente das chuvas. No ar atmosférico, tais partículas são formadas pela reação de ácidos (HX) com a base NH_3 , de forma natural ou antropogênica, dando origem a sais de amônio (NH_4X), de acordo com a equação química genérica:



FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Fatores ambientais que afetam a precipitação úmida. *Química Nova na Escola*, n. 21, maio 2005 (adaptado).

A fixação de moléculas de vapor de água pelos núcleos de condensação ocorre por

- A ligações iônicas.
- B interações dipolo-dipolo.
- C interações dipolo-dipolo induzido.
- D interações íon-dipolo.
- E ligações covalentes.

Fonte: BRASIL, 2017d.

Os dois termos utilizados nas questões do Enem – Interações e Forças Intermoleculares - podem ser encontrados em 14 dos LDQ, mas nenhum deles aparece no LDQ 14 (Quadro 6). Observamos, inclusive, que ambos são citados pelo LDQ 5: “O que mantém as moléculas unidas nos estados sólido e líquido são as chamadas **ligações ou forças ou interações intermoleculares**” (2010, p. 179). A colocação de Interações e Forças Intermoleculares feita por LDQ 5, também aparece no trabalho de Rocha (2001, p.31):

As **interações intermoleculares** estão intimamente relacionadas com as propriedades termodinâmicas de líquidos, sólidos e gases. Logo, o entendimento de tais **forças intermoleculares** é de extrema relevância se quisermos entender o comportamento de sistemas químicos a nível molecular (grifos nossos).

Logo, encontramos uma aproximação entre os conceitos de Rocha (2001) e o LDQ 5, que é o que contém o maior número de nomes dados aos tipos de Interações Intermoleculares: Dipolo instantâneo-dipolo induzido (dipolo induzido-dipolo induzido ou Forças de dispersão de London); dipolo permanente-dipolo permanente (dipolo-dipolo ou interação dipolar) e Ligações de Hidrogênio (ou Pontes de Hidrogênio) (Quadro 9).

Alguns desses tipos de Interações Intermoleculares aparecem em questões do Enem (Quadro 10).

Quadro 10– Tipos de interações que aparecem nas questões do Enem.

Questão do Enem	Termo utilizado
Q1	Dipolo-dipolo; Ligações de Hidrogênio
Q2	Ligações de hidrogênio; dipolo induzido-dipolo induzido; dipolo permanente- dipolo permanente
Q3	Dipolo-dipolo; dipolo-dipolo-induzido

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Todos os tipos de Interações Intermoleculares colocadas pelas questões do Enem também estão presentes nos LDQ, nos três triênios, mostrando uma consonância entre eles. Percebemos também pelo Quadro 10 que em Q1 e Q3 aparecem apenas dois tipos de Interações Intermoleculares, enquanto Q2 mostra três. O termo dipolo-dipolo induzido aparece apenas em Q3 (Figura 12).

Se esse termo estivesse também em Q2, poderia ser confundido com dipolo induzido-dipolo induzido, não só pela semelhança na nomenclatura, mas também pela definição dadas a

esses dois tipos, encontradas nos livros analisados. LDQ 3, 8 e 12 consideram apenas dipolo-dipolo induzido (Quadro 8) e afirmam que

Moléculas apolares, como as de iodo (I_2), ao se aproximar, induzem a formação de dipolos instantâneos. Como resultado, esses dipolos permitem interações mais fortes entre as moléculas. Esse tipo de interação é chamado dipolo-dipolo induzido ou força de London, em homenagem ao físico norte-americano de origem alemã, Fritz London (1900-1954), que primeiro as descreveu (LDQ 3, 2010, p.299; LDQ 8, 2013, p.267; LDQ 12, 2016, p.264).

O trecho anterior apresenta uma explicação da interação dipolo-dipolo induzido ocorrendo entre moléculas de Iodo (I_2), que são apolares. Os mesmos livros ainda acrescentam um outro exemplo com moléculas de Hidrogênio (H_2), reafirmando a existência desse tipo de interação entre moléculas apolares. Contudo, Atkins e Jones (2012, p.176) afirmam que essas interações ocorrem através de um

[...] mecanismo pelo qual uma molécula polar interage com uma molécula não polar (por exemplo, quando o oxigênio se dissolve em água). Como as interações de London, as interações dipolo-dipolo induzido têm sua origem na capacidade que tem uma molécula de induzir um momento de dipolo em outra.

Nos LDQ 4, 9, 13 e 15 há uma distinção entre dipolo induzido-dipolo induzido e dipolo-dipolo induzido. Sobre a dipolo induzido-dipolo induzido encontramos nessas obras a seguinte definição:

As atrações que ocorrem entre moléculas apolares são denominadas interações dipolo induzido-dipolo induzido, dipolo instantâneo-dipolo induzido, forças de dispersão de London, ou simplesmente, forças de London (LDQ 4, 2010, p.225; LDQ 9, 2013, p.171; LDQ 13, 2016, p.152).

As moléculas apolares não têm dipolos elétricos permanentes, mas tanto essas moléculas como os átomos isolados de gases nobres se atraem mutuamente por meio de dipolos elétricos instantâneos e induzidos. (LDQ 15, 2016, p.230).

A interação entre moléculas apolares também aparece em LDQ 2, 7 e 11, porém, como uma Interação ou Forças de van der Waals, sem qualquer menção a dipolo induzido-dipolo induzido. Essa observação vai ao encontro da classificação dada por Brown et al. (2016), descrita anteriormente, que considera como Interações ou Forças de van der Waals, as Forças de dispersão e dipolo-dipolo. Segundo estes autores, as Forças de Dispersão ocorrem entre moléculas apolares, assim como dipolo induzido-dipolo induzido. Contudo, os três referidos

livros, assim como LDQ 4, 9, 13 e 15 trazem a conceituação de dipolo-dipolo induzido (Quadro 11).

Quadro 11– Conceito de dipolo-dipolo induzido pelos LDQ

LDQ	Interação dipolo-dipolo induzido
2, 7 e 11	<i>São consequências da atração que os núcleos de uma molécula podem exercer sobre a eletrosfera da molécula vizinha, gerando polarizações eventuais. (LDQ2, 2012, p.261; LDQ7, 2013, p.290; LDQ11, 2017, p.263).</i>
4, 9 e 13	<i>As Interações dipolo-dipolo induzido (forças de London) também podem ocorrer entre moléculas diferentes, uma delas polar e outra apolar. Nesse caso, o dipolo permanente de uma das moléculas (polar) induz um dipolo instantâneo na apolar (LDQ4, 2010, p.225; LDQ9, 2013, p.171; LDQ12, 2016, p.152).</i>
15	<i>A solubilidade do gás oxigênio em água é baixa em parte por causa das fracas interações entre as moléculas apolares que compõem esse gás e as moléculas muito polares que compõem a água (interação dipolo-dipolo induzido) (LDQ 15, 2016, p.241).</i>

Fonte: elaborada pela pesquisadora.

Conforme está disposto no Quadro 11, supomos que os autores de LDQ 2, 7 e 11 estejam se referindo ao núcleo de uma molécula polar, pois nessa situação geraria polarização em uma molécula apolar (polarização eventual). Nos LDQ 4, 9 e 13 e 15, a natureza das moléculas envolvidas (polar e apolar) se encontra bem evidente.

Podemos afirmar, então, que a diferença atribuída a dipolo-dipolo induzido e a dipolo induzido-dipolo induzido está na natureza das moléculas envolvidas (JUNQUEIRA, 2017), uma vez que as primeiras ocorrem entre uma molécula polar e uma molécula apolar e as outras são interações atrativas encontradas entre moléculas não polares (ROCHA, 2001; ATKINS; JONES, 2012).

Dessa forma, divergindo dos LDQ 3, 8 e 12, não podemos denominar como dipolo-dipolo induzido, a interação que ocorre entre moléculas apolares. Caso contrário, há possibilidade do desenvolvimento de concepções equivocadas sobre os tipos de Interações Intermoleculares e, conseqüentemente, na interpretação de fenômenos naturais, como por exemplo, a dissolução de gases apolares na água, que é uma molécula polar e na resolução de questão, como Q2 (Figura 9). Nela, há uma situação que envolve interação entre moléculas apolares, para a qual, a resposta é dipolo induzido-dipolo induzido.

A interação do tipo dipolo induzido–dipolo induzido ou forças de dispersão, “surtem da atração entre dipolos elétricos instantâneos de moléculas vizinhas e agem em todos os tipos de moléculas” (ATKINS et al., 2012, p. 178), mas é a única existente entre moléculas apolares. Oito LDQ apontam nesse mesmo sentido (3, 8, 12; 4, 9, 13; 5 e 15):

Na realidade, as forças de London também ocorrem entre moléculas polares, pois essas forças se aplicam a todas as moléculas. (LDQ 3, 2010, p. 299; LDQ 8, 2013, p. 267; LDQ 12, 2016, p. 264).

Os dipolos instantâneos podem induzir a polarização de moléculas adjacentes, resultando em forças atrativas. Todas as moléculas, polares e apolares, apresentam as interações do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido. Nas moléculas apolares, contudo, esse é o único tipo de interação molecular presente (LDQ 4, 2010, p.227; LDQ 9, 2013, p.171; LDQ 13, 2016, p.152).

As **interações dipolo instantâneo-dipolo induzido** são conhecidas também como **forças dipolo induzido-dipolo induzido** ou ainda forças de dispersão de London [...]. Na verdade, elas ocorrem em **todas** as substâncias, polares ou apolares (Grifo dos autores) (LDQ 5, 2010, p. 181).

As forças de London existem entre quaisquer tipos de moléculas, uma vez que dependem apenas da formação de um dipolo instantâneo e de um dipolo induzido. No entanto entre moléculas apolares [...], e átomos isolados de gases nobres, esse é o único tipo de interação existente (LDQ 15, 2016, p.231).

Junto aos tipos de Interação Intermolecular aparece a íon-dipolo em uma das alternativas de Q1 e Q3 e nos LDQ 4, 9 e 13. Ela representa uma interação eletrostática que ocorre entre um íon e uma molécula polar (JUNQUEIRA, 2017), ou seja, entre um íon e a carga parcial em certo lado de uma molécula polar.

Uma força íon-dipolo existe entre um íon e uma molécula polar. Os cátions são atraídos para a extremidade negativa de um dipolo, os ânions para a extremidade positiva. A magnitude da atração aumenta à medida que a carga iônica ou a magnitude do momento de dipolo aumenta. Forças íon-dipolo são especialmente importantes para a solução de substâncias iônicas em líquidos polares, como uma solução de NaCl em água (BROWN et al., 2016, p.476).

Os LDQ 4, 9 e 13 mencionam e explicam essa interação (apresentam o conceito, uma exemplificação e uma representação). Neles, ela é apresentada na lateral direita de uma página, no início do capítulo, em uma caixa de texto (box), como mostra a Figura 13. A seção “Saiba mais” tem como função complementar as informações dadas pelo texto principal e “ampliam ou contextualizam o conteúdo” (LDQ 13, 2016, p. 5).

Figura 13 – Abordagem da interação íon-dipolo no LDQ 4, 9.e 13

Saiba mais

As interações íon-dipolo

Interações íon-dipolo são aquelas que ocorrem entre íons e moléculas polares, como as que se dão entre moléculas de água e cloreto de sódio (NaCl, constituído por íons Na^+ e Cl^-).

A água é uma molécula polar, com carga parcial negativa sobre o átomo de oxigênio e cargas parciais positivas sobre os átomos de hidrogênio. O NaCl, ao ser adicionado à água, sofre dissociação iônica em decorrência da forte atração entre os íons e o dipolo permanente presente nas moléculas de água — as chamadas interações íon-dipolo.

O arranjo espacial de uma solução aquosa de NaCl pode ser representado, no nível microscópico, por cátions e ânions circundados por moléculas de água, com o polo positivo da água sendo atraído pelo ânion, e o negativo, pelo cátion.

Atração entre polos positivos e negativos das substâncias água e cloreto de sódio. Representação em cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Água, o líquido vital. In: QMCWEB. Revista eletrônica do departamento de Química da UFSC. Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/agua.html>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

Diz-se que o íon metálico atraído pelas moléculas de água está hidratado.

Fonte: LDQ 4, 2010, p.225; LDQ 9, 2013, p.169; LDQ 13, 2016, p.150

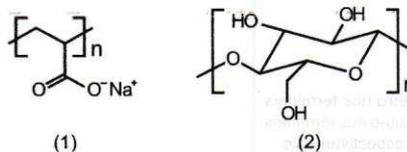
LDQ 4, 9 e 13, ao trazem um texto que apresenta as interações existentes entre os íons (Na^+ e Cl^-) e a molécula polar (H_2O) presentes em uma solução aquosa de cloreto de sódio, possibilita ao professor mostrar que as interações íon-dipolo estão presentes na água do mar, revelando, portanto, sua ocorrência na natureza.

Tanto as interações íon-dipolo quanto as Interações Intermoleculares, além de terem natureza eletrostática, ocorrem com o envolvimento de moléculas. Por isso, consideramos interessante que sejam trabalhadas em conjunto para que seja propiciado ao discente, a capacidade de reconhecê-las, compreendê-las e diferenciá-las tal como foi avaliada em Q1 (Figura 8) e Q3 (Figura 12).

Figura 14- Questão do Enem (Q1) que avalia o reconhecimento da interação que ocorre entre a água e o componente da fralda descartável.

QUESTÃO 86

As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliácrlato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



CURI, D. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 23, maio 2006 (adaptado).

A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

- A interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliácrlato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- B interações íon-íon mais fortes entre o poliácrlato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- C ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliácrlato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.
- D ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliácrlato e as moléculas de água, em relação às interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.
- E interações íon-dipolo mais fortes entre o poliácrlato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

Fonte: BRASIL, 2013.

Nos LDQ 2, 7, 11, de uma mesma autoria, e LDQ 3, 8, 12 de uma mesma coleção, encontramos uma menção à interação que ocorre entre íon e água, mas ela não é nomeada como uma interação íon-dipolo, e sim, como interação soluto-solvente.

O que favorece a dissolução do cloreto de sódio em água é a interação dos íons sódio e cloreto com as moléculas de água. A formação dessas interações entre as partículas de soluto e solvente leva à quebra da ligação entre as partículas de cloreto de sódio. Os íons sódio e cloreto ficam solvatados pelas moléculas de água. Por meio do processo de solvatação, os íons ficam envoltos, interagindo com várias moléculas de água. Isso só é possível por meio da interação soluto-solvente (LDQ 2, 2012, p.251; LDQ 7, 2013, p. 280; LDQ 11, 2017, p.254).

A interação soluto-solvente é explicada por Atkins e Jones (2012, p.172) ao citarem a hidratação.

Os sólidos iônicos dissolvem-se em água quando certo número de moléculas liga-se aos íons e os separa. A ligação de moléculas de água a partículas solúveis, especialmente, mas não exclusivamente, íons, é chamada de hidratação. [...] A hidratação é o resultado da interação entre o íon e as cargas parciais da molécula polar de água, ela é um **exemplo** de uma interação íon-dipolo” (ATKINS; JONES, 2012, p.172) (grifo nosso).

Portanto, os autores entendem a interação soluto-solvente como uma interação íon-dipolo, o que também aparece nos LDQ 4, 9 e 13 (Figura 13), porém nestes, os autores citam o nome da interação como íon-dipolo.

Ainda sobre Q1 (Figura 14), além do reconhecimento do tipo de interação envolvida na situação colocada, o conhecimento do estudante é avaliado também em termos da intensidade das forças. Para Brown et al. (2016, p.474), as “ligações de hidrogênio são geralmente mais fortes que as forças de dipolo-dipolo ou as forças de dispersão” e mais fracas do que as interações íon-dipolo, que os autores definem como aquela existente entre um íon e uma molécula polar.

As intensidades das forças das interações também aparecem em LDQ 4, 9 e 13, LDQ 5 e em LDQ 1, 6 e 10. LDQ 5 (2010, p.181) menciona a influência do tamanho e da massa, com valores parecidos, das moléculas envolvidas, na intensidade das forças,

Comparando moléculas com tamanhos e massas parecidos, pode-se afirmar que a intensidade dos diferentes tipos de forças intermoleculares varia na seguinte ordem: dipolo instantâneo-dipolo induzido, dipolo permanente-dipolo permanente e Ligações de hidrogênio.

Logo, nove dos 15 LDQ, de certa forma, oportunizam o conhecimento sobre as interações íon-dipolo, que também esteve presente nas questões Q1 e Q3 do Enem, mesmo sem mencionar esse termo.

6.2 RELAÇÕES ENTRE AS INTERAÇÕES INTERMOLECULARES E AS PROPRIEDADES FÍSICAS DA MATÉRIA.

No subcapítulo anterior, apresentamos e discutimos o conceito e os tipos de interações intermoleculares. Entretanto, o seu estudo está relacionado ao das propriedades físicas da matéria, pois de acordo com Brown et al. (2016), somente a partir da compreensão da natureza e da intensidade das forças existentes entre as moléculas se pode entender a composição e a estrutura de uma substância, estando estas relacionadas às suas propriedades físicas nos estados sólido e líquido.

Essa relação também foi observada nos livros analisados, como mostra um trecho dos LDQ 2, 7 e 11.

Para compreender a natureza das substâncias moleculares, é preciso ter em mente que não são as ligações covalentes entre os átomos e sim as interações entre as moléculas que determinam suas propriedades físicas, uma vez que são essas interações as responsáveis pela agregação das partículas submicroscópicas (as moléculas) em conjuntos macroscópicos, cujas propriedades podemos investigar (LDQ 2, 2012, p.261; LDQ 7, 2013, p.290; LDQ 11, 2017, p.263).

As propriedades físicas, que são aquelas que “podem ser observadas sem que sejam alteradas a identidade e a composição das substâncias” (BROWN et al., 2016, p.11) e sofrem influência da intensidade (força) das Interações Intermoleculares, foram encontradas nos capítulos analisados e estão citadas no Quadro 12.

Quadro 12– Propriedades físicas relacionadas às Interações Intermoleculares presentes nos LDQ.

LDQ	Propriedades físicas
1	Pontos de fusão e de ebulição, tensão superficial e solubilidade
6 e 10	Temperaturas de fusão e de ebulição, tensão superficial e solubilidade
2, 7 e 11	Temperaturas de fusão e de ebulição e solubilidade
3, 8 e 12	Temperatura de ebulição e solubilidade
4, 9 e 13	Temperatura de ebulição, tensão superficial e solubilidade
5	Ponto de ebulição e solubilidade
14	Temperaturas de fusão e de ebulição e solubilidade
15	Temperatura de ebulição e solubilidade

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

A solubilidade e a temperatura, ou ponto, de ebulição foram as propriedades físicas identificadas em todos os livros. A solubilidade é definida por Brown et al. (2016, p. 564) como “a quantidade de soluto necessária para formar uma solução saturada, em uma dada quantidade de solvente” e

Inicialmente, devem-se levar em conta as interações atrativas entre as partículas do próprio soluto e interações atrativas entre as partículas do próprio solvente que durante o processo de dissolução vão originar interações entre o soluto e o solvente (JUNQUEIRA, 2017, p. 166).

Seis livros (LDQ 1, 6, 10, 3, 8 e 12) indicam que a solubilidade segue uma regra, que os três primeiros a nomeiam como “semelhante dissolve semelhante”.

Em geral, compostos covalentes formados por moléculas polares são solúveis em solventes polares e os formados por moléculas apolares são solúveis em solventes apolares (regra: semelhante dissolve semelhante) (LDQ 1, 2010, p.300; LDQ 6, 2014, p.251; LDQ 10, 2016, p.222).

Com base nessas interações, há uma regra geral simples que permite prever as diferenças de solubilidade. Substâncias polares dissolvem substâncias

polares; substâncias apolares dissolvem substâncias apolares; e substâncias polares **difícilmente** dissolvem substâncias apolares. (LDQ 3, 2010, p.298; LDQ 8, 2013, p.265; LDQ 12, 2016, p.261) (Grifo nosso).

LDQ 3, 8 e 12 apesar de, inicialmente, afirmarem que existe uma regra para a solubilidade, acabam fazendo uma ressalva ao colocarem a palavra “difícilmente” no texto, o que indica que substâncias polares até podem dissolver substâncias apolares, mas raramente isso pode acontecer. Porém, os livros não trazem exemplificações que mostrem situações nas quais uma substância polar pode dissolver uma apolar.

Estabelecer uma regra para a solubilidade pode desenvolver concepções restritas de como se processa esse fenômeno, além de não explicar como ocorre a dissolução de alguns gases apolares em líquidos polares, como acontece, por exemplo, na dissolução do gás oxigênio pela água, já colocada no Quadro 11 para exemplificar como LDQ 15 explica o tipo de interação dipolo-dipolo induzido.

Nesse sentido, de forma abrangente, sem mencionar uma regra, LDQ 2, 7 e 11 citam a solubilidade das substâncias moleculares em dois tipos de solventes: polares e apolares, sem explicar como isso acontece: “[...] as substâncias moleculares apresentam temperaturas de fusão e ebulição relativamente baixas e são solúveis em solventes polares ou apolares, dependendo da sua natureza” (LDQ 2, 2012, p.260; LDQ 7, 2013, p.290; LDQ 11, 2017, p.263).

Contudo, após essa colocação dos LDQ 2, 7 e 11, é feita a proposta de um experimento que permite verificar e discutir quais os tipos de substâncias que serão dissolvidas na água (solvente polar) e na aguarrás (solvente apolar). Os solutos indicados são: açúcar, grafite, alumínio, cobre, iodo, quartzo, iodeto de potássio, naftaleno, ferro e cloreto de sódio.

Isso possibilita notar uma tendência da solubilidade, porém sem restringi-la a uma regra, pois a água (solvente polar) dissolverá o açúcar, o iodeto de potássio e o cloreto de sódio, que são solutos polares. Já o naftaleno e o iodo (solutos apolares) serão dissolvidos apenas pela aguarrás (solvente apolar). Por fim, o alumínio, o cobre, o quartzo e o ferro, o grafite, que também são solutos apolares não serão dissolvidos em nenhum dos dois solventes, pois as ligações existentes entre as suas moléculas são muito fortes e, por isso, não ocorre a formação de uma solução, como explicam LDQ 2, 7 e 11:

Para que ocorra a dissolução, essas ligações também terão que ser quebradas por meio da interação entre soluto e solvente, com a formação de um novo tipo de interação: soluto-solvente. [...] Não há a formação dessas interações porque a energia necessária para quebrar a interação soluto-solvente é muito alta quando comparada com a liberação de energia que ocorreria na

formação da interação soluto-solvente (LDQ 2, 2012, p.; LDQ 7, 2013, p.290; LDQ 11, 2017, p.254).

Para LDQ 4, 9 e 13 também há uma tendência e não uma regra para a solubilidade:

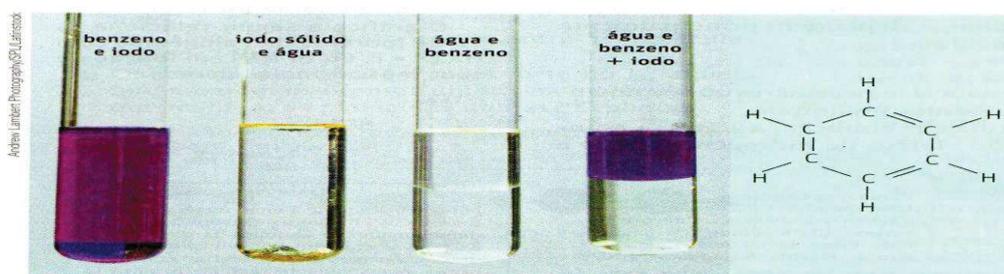
[...] ainda que muitos solutos apolares se dissolvam melhor em solventes apolares, e muitos solutos polares se dissolvam melhor em solventes polares, essa relação não pode ser considerada uma regra geral, pois há muitos casos em que solutos apolares se dissolvem bem em solventes polares, e vice-versa. Um exemplo é o próprio iodo (apolar), que é muito solúvel em etanol (polar) (LDQ 4, 2010, p.230; LDQ 9, 2013, p.174; LDQ 13, 2016, p.155).

Eles propõem um experimento (Anexo C) envolvendo a solubilidade, que pode ser realizado em muitas escolas, direcionado a análise da quantidade de etanol misturado à gasolina. Segundo os autores, essa atividade tem como objetivo a utilização de modelos de Interações Intermoleculares para a explicação da solubilidade, das referidas substâncias em água e mostra que apesar de ser polar, o etanol pode ser dissolvido pela água (polar) e também pela gasolina (apolar).

Ao final dessa atividade experimental, é solicitado ao aluno que pesquise a estrutura do etanol e dos principais componentes da gasolina, e sugira uma explicação para o fato de apenas o álcool ser dissolvido pela água. Para respondê-la, o estudante pode se apoiar na seção “Saiba Mais”, que aparece antes do experimento, que traz uma discussão sobre a polaridade do etanol e a sua capacidade de dissolver outras substâncias.

Ainda na mesma seção, além dos LDQ 4, 9 e 13 mostrarem que o etanol é dissolvido pela água (polar) e que pode dissolver o iodo (apolar), eles apresentam ainda uma imagem, antes da seção “Saiba Mais”, com tubos de ensaio contendo diferentes tipos de mistura (Figura 15), que podem exemplificar um experimento.

Figura 15- Imagem usada por LDQ 4, 9 e 13 para mostrar a solubilidade de diferentes materiais.



Fonte: LDQ 4 (2010, p.230); LDQ 9 (2013, p.174); LDQ 13 (2016, p.155).

A imagem mostra quatro tubos de ensaios contendo, em cada um, a mistura de duas ou três substâncias: água (substância polar), benzeno e iodo (substâncias apolares), sendo que estas duas últimas podem não ser reconhecidas por alguns estudantes. A água não dissolve o iodo, o benzeno e nem a mistura dos dois, em função da fraca interação entre essas moléculas.

Talvez o experimento da Figura 15 não possa ser reproduzido em todas as escolas, mas os professores podem utilizar a figura para uma discussão sobre a solubilidade das substâncias presentes na imagem dos LDQ 4, 9 e 13 e de outras, pois de acordo com Martins, Gouvêa e Picininni (2005, p.38):

[...] as imagens são importantes recursos para a comunicação de ideias científicas. No entanto, além da indiscutível importância como recursos para a visualização, contribuindo para a inteligibilidade de diversos textos científicos, as imagens também desempenham um papel fundamental na constituição das ideias científicas e na sua conceitualização.

Esse papel das imagens é reconhecido nesses LDQ, uma vez que os capítulos que antecedem aquele que foi analisado (sobre Interações Intermoleculares) não abordam Química Orgânica. Por isso, a apresentação da estrutura química do benzeno, representada no canto da imagem (Figura 15) pode auxiliar a compreensão de como se estabelecem as ligações entre os átomos que o formam, a polaridade da molécula e as Interações Intermoleculares.

A classificação da molécula, em polar ou apolar, é mais facilmente entendida a partir da representação da disposição das espécies químicas que a constitui, pois nos livros analisados, a polaridade é discutida antes do capítulo referente às Interações Intermoleculares.

Segundo Tostes (1998, p.17), uma estrutura química é um “arranjo tridimensional dos átomos constituintes” e observamos que elas aparecem também em LDQ 14, assim como outros três livros didáticos de Química analisados: 2, 7, 11 e também nas questões Q1 (Figura 14) e Q4 (Figura 9).

Notamos que nesses dois objetos utilizados nesta pesquisa, a sua utilização pode ter sido no sentido de facilitar a compreensão das interações entre as moléculas e as suas propriedades físicas. Isto quer dizer, que ao analisar uma representação química, o estudante pode classificar uma molécula como polar ou apolar e, a partir daí, identificar o tipo de Interação Intermolecular, dentre aquelas apresentadas no Capítulo 1 dessa dissertação.

Em Q1, por exemplo, as estruturas químicas do poliacrilato de sódio e da fibra de celulose são apresentadas para que o estudante identifique o tipo de interação que ocorre entre essas substâncias e a água. Para a resolução da questão ainda é necessário o reconhecimento

da intensidade da força de cada uma das interações, pois as moléculas que apresentam a interação mais forte, serão mais solúveis.

Assim, como Pereira et al. (2019, p.585) acreditamos que

Relacionar os acontecimentos do dia a dia com os conceitos, de maneira a levar o aluno a refletir sobre o meio em que vive, pode ajudá-los a compreender esses conceitos, dar a eles significado e a ampliar a visão que têm do mundo físico e social.

Q3 (Figura 12) também procura avaliar se o estudante compreende e aplica o conceito em um fenômeno natural, envolvendo partículas microscópicas existentes na atmosfera, que funcionam como núcleos de condensação, propiciando a formação de nuvens e, conseqüentemente, das chuvas. E para compreensão desse contexto, a questão dispõe de uma equação química.

Entretanto, entre as questões do Enem analisadas, nem todas se referem a situações cotidianas ou fenômenos naturais, como observamos em Q4 (Figura 10), que traz o funcionamento da cromatografia, que pode ser desconhecida para muitos alunos da Educação Básica, se não para todos. Mas nela, também há estruturas químicas que podem facilitar a compreensão, tal como Q1.

É importante destacar que a relação entre estruturas, propriedade e aplicação das substâncias, assim como as Interações Intermoleculares, se constituem como objetos de conhecimento da Matriz de Referência do Enem (Anexo 1), e em Q3 e Q4, eles são avaliados de forma que os estudantes precisam associar os seus respectivos conceitos.

Dessa forma, independentemente da abordagem de situações cotidianas, podemos afirmar que o conhecimento sobre solubilidade é necessário para que seja possível relacioná-la à ocorrência da interação íon-dipolo (apresentada por alguns LDQ, conforme visto em 5.1) e das Interações Intermoleculares. Logo, a abordagem da relação entre essa propriedade e o estudo das interações entre moléculas e íons parece alinhar esses dois objetos de estudo.

Além disso, identificamos que os LDQ e o Enem estão em alinhamento em relação ao uso de estruturas químicas, uma vez que elas podem ser utilizadas para auxiliar na abordagem das Interações Intermoleculares e, portanto, justificando as propriedades físicas dos materiais.

Q2 não usa estruturas e equações químicas, mas mesmo assim, se aproxima do que foi visto nos livros. A referida questão coloca o fenômeno da adsorção, que ocorre por meio de Interações Intermoleculares, entre a superfície do carvão e o benzeno. Esta última substância, inclusive, foi mencionada anteriormente, na descrição da análise dos LDQ 4, 9 e 13, que trazem uma imagem com tubos de ensaio contendo benzeno.

Ainda tratando da solubilidade e das Interações Intermoleculares, os LDQ 5 e 14 também afirmam não existir uma regra ao esclarecerem que um composto apolar pode ser dissolvido em um polar, e vice-versa, mesmo que isso não aconteça com frequência e utilizam, para isso, a palavra “tendência”.

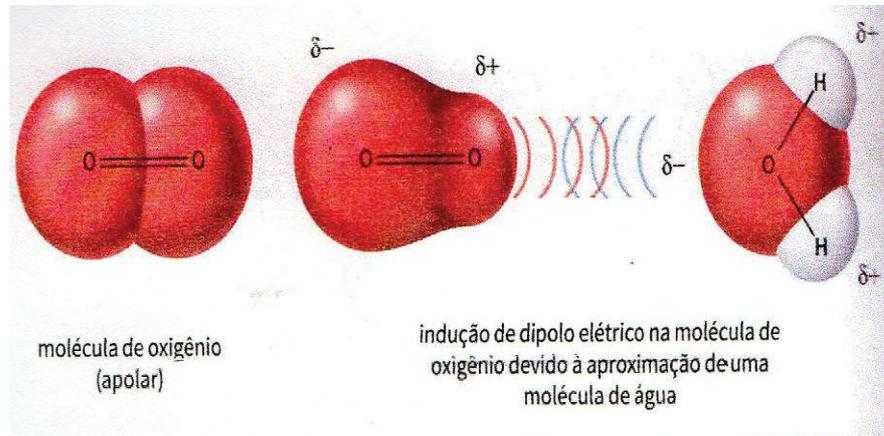
Sabendo que água e etanol são polares e que gasolina é formada por uma mistura de compostos apolares, os resultados experimentais relatados permitem ilustrar uma **tendência geral** que se observa: Solute polar tende a se dissolver em solvente polar; soluto apolar tende a se dissolver em solvente apolar (LDQ 5, 2010, p.177) (Grifo nosso).

De forma geral, podemos prever se uma substância pode ser solúvel em outra comparando a polaridade de ambas. Há uma **tendência** de substâncias polares se dissolverem melhor em solventes polares, e de substâncias apolares se dissolverem melhor em solventes apolares. [...] Cabe ressaltar que essa tendência não é uma regra. Há exceções, como o CaF_2 (composto polar), que é pouquíssimo solúvel em água (solvente polar), e o iodo (composto apolar), que se dissolve bem em etanol (solvente polar). (LDQ 14, 2016, p.61). (Grifo nosso).

Pelas citações, identificamos que os dois livros didáticos utilizam exemplos ao mencionarem as substâncias apolares e polares. Percebemos ainda que LDQ 14 traz uma explicação mais completa sobre a solubilidade, uma vez que, além de justificar a ausência de uma regra, ele associa a propriedade física à formação de dipolos instantâneos, cuja explicação foi dada anteriormente no mesmo capítulo deste livro didático, quando o autor apresenta um dos tipos de Interação Intermolecular, a dipolo induzido-dipolo induzido: “Além disso, a formação de **dipolos instantâneos** em moléculas apolares favorece a dissolução da substância em solventes polares mesmo que de forma mínima (praticamente insolúvel)” (LDQ 14, 2016, p.61) (Grifo nosso).

Essa explicação tem o auxílio de uma figura, na qual está representada a molécula do gás oxigênio sofrendo a indução do dipolo elétrico pela molécula de água devido à proximidade das duas (Figura 16).

Figura 16– Imagem usada pelo LDQ 14 para a explicação da solubilidade do gás oxigênio na água.



Oxigênio ● Hidrogênio ○

Fonte: Adaptado de LDQ 14 (2016, p.62).

Os autores do LDQ 14 também chamam a atenção do leitor pedindo que

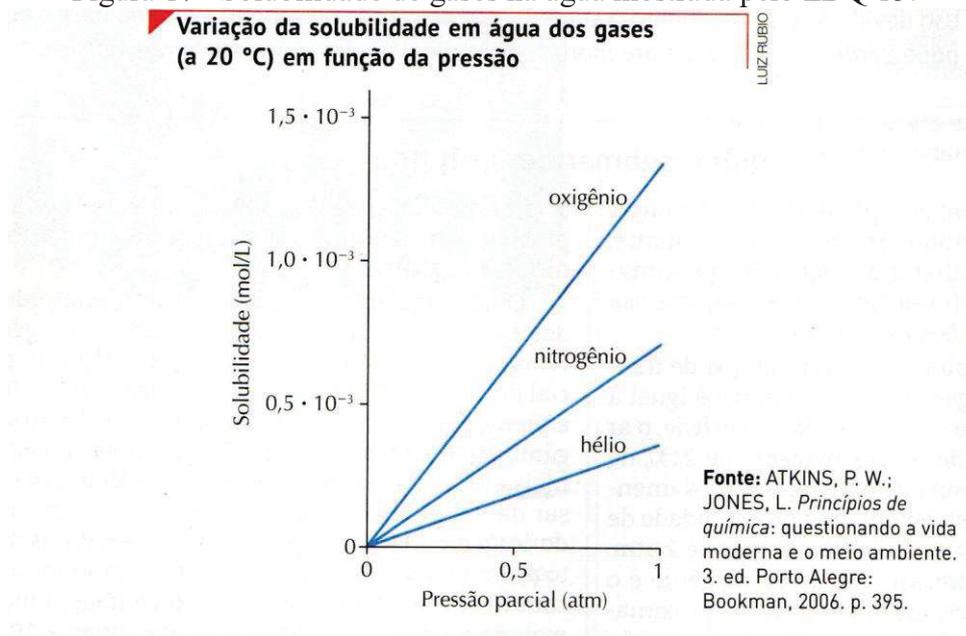
Observe a atração entre cargas elétricas de sinal oposto, ou seja, entre a carga parcial negativa (δ^-) das moléculas de água e a carga parcial positiva (δ^+) da substância molecular e entre a carga parcial (δ^+) das moléculas de água e a carga parcial negativa (δ^-) da substância molecular (LDQ 14, 2016, p.61)

Esse mesmo direcionamento – relação entre solubilidade e as Interações Intermoleculares, citando como exemplo o gás oxigênio em água - foi identificado em LDQ 15, como pode ser notado no trecho a seguir:

A solubilidade do gás oxigênio em água é baixa em parte por causa das fracas interações entre as moléculas apolares que compõem esse gás e as moléculas muito polares que compõem a água (interação dipolo-dipolo induzido) (LDQ 15, 2016, p.241).

Para complementar a explicação, LDQ 15 usa um gráfico (Figura 17), para mostrar a variação da solubilidade de outros gases apolares em água.

Figura 17– Solubilidade de gases na água mostrada pelo LDQ 15.



Fonte: LDQ 15, 2016, p.241.

O gráfico relaciona a solubilidade de gases apolares (Hélio, Nitrogênio e Oxigênio) na água, mostrando a variação dessa propriedade em função das suas pressões parciais. Os dados apresentados podem oportunizar e ampliar a discussão de como ocorre a variação dessa propriedade nas referidas substâncias por meio dos valores da massa molecular de cada uma delas.

A apresentação de dados na forma de gráficos se aproxima das orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018, p.559) para o Ensino Médio, que traz como uma das habilidades a serem desenvolvidas durante o processo de aprendizagem de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:

Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

Nesse sentido, é importante que os LDQ propiciem o desenvolvimento da leitura e da interpretação de estruturas químicas, equações, gráficos, quadros e tabelas. Mas para isso, é importante que os livros tragam orientações para tal e/ou que ocorra a mediação do professor, uma vez que encontramos também esses elementos em três das cinco questões do Enem: Q1 (estruturas químicas), Q3 (equação química) e Q4 (estruturas químicas).

Outra propriedade com maior ocorrência nas obras (Quadro 13) é a temperatura, ou ponto, de ebulição, sendo também identificada em todas elas. Apesar do LDQ 1 ser da mesma autoria de LDQ 6 e 10, ele apresenta outra denominação - ponto de ebulição-, também encontrada em LDQ 5. Apesar dos dois diferentes termos serem apresentados pelos livros, a relação das Interações Intermoleculares com essa propriedade física não é comprometida.

A temperatura de ebulição é definida por Rocha (2001, p.31) como “a temperatura na qual um sistema líquido passa para a fase gasosa, tem uma relação direta com as forças entre as moléculas constituintes do líquido”.

LDQ 5, ao se referir ao fenômeno da ebulição em si, destaca que “é importantíssimo notar que **as moléculas não são quebradas nem destruídas nesse processo**. Elas apenas são separadas uma das outras. Em outras palavras, são rompidas as ligações entre as moléculas” (LDQ 5, 2010, p.184) (Grifo dos autores). Portanto, ocorre o rompimento das Interações Intermoleculares e não das Intramoleculares.

Além dessa explicação, esse mesmo livro, assim como os outros LDQ, inserem a magnitude das forças das interações como um fator que pode influenciar a temperatura/ponto de ebulição (Quadro 13), pois as substâncias com interações mais fortes entre as moléculas terão a temperatura/ponto de ebulição mais elevado (ATKINS; JONES, 2012).

Quadro 13– Relação entre a magnitude das forças de interação entre as moléculas e a temperatura/ponto de ebulição apresentada pelos LDQ.

LDQ	Intensidade das interações entre as moléculas e a temperatura de ebulição
1, 6 e 10	Comparando-se substâncias covalentes de massas molares próximas , os pontos de fusão e de ebulição vão variar conforme a intensidade da força intermolecular existente (LDQ 1, 2010, p.299; LDQ 6, 2014, p.251; LDQ 10, 2010, p.222) (Grifos nossos).
2, 7 e 11	A esse tipo de interação dá-se o nome de interação dipolo-dipolo. A presença desse tipo de interação provoca um aumento nas forças de atração entre as moléculas. Em consequência, para substâncias de mesma massa molar , é razoável supor que aquelas constituídas por moléculas polares tenham temperaturas de fusão e de ebulição superiores às constituídas por moléculas apolares (LDQ 2, 2012, p.263; LDQ 7, 2013, p.291; LDQ 11, 2017, p.264) (Grifos nossos).
3	A passagem do estado líquido para o gasoso – ebulição - depende do rompimento das interações entre as moléculas [...]. Obviamente a quebra das interações de moléculas polares é mais difícil do que a de apolares. (LDQ 3, 2010, p.324).
8 e 12	As propriedades das substâncias, como temperatura de ebulição, estão relacionadas às forças intermoleculares, assim, por exemplo, em geral, quanto maior a força intermolecular, maior será a temperatura de ebulição (LDQ 8, 2013, p.268; LDQ 12, 2016, p.264).

4, 9 e 13	Quanto mais intensas forem as forças intermoleculares, maior a temperatura de ebulição de uma substância molecular. (LDQ 4, 2010, p.22; LDQ 9, 2013, p.173; LDQ 13, 2016, p.154).
5	Ao compararmos duas substâncias com massas moleculares próximas , a que tiver forças intermoleculares mais intensas possuirá maior ponto de ebulição. (LDQ 5, 2010, p.184) (Grifo nosso).
14	[...] a intensidade da interação intermolecular explica as diferenças de temperaturas de fusão e de ebulição de substâncias distintas. Quanto mais intensa for essa interação, maior será a energia necessária para “romper” essa atração, o que resulta em valores maiores de temperatura de fusão e de ebulição (LDQ 14, 2016, p.60).
15	De fato, quanto mais intensas as forças atrativas entre as moléculas de uma substância, maior a 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 (LDQ 15, 2016, p.229).

Fonte: elaborado pela pesquisadora.

Os LDQ 2, 7, 11 e 3 relacionam a temperatura de ebulição com a intensidade das Interações Intermoleculares na perspectiva da propriedade polaridade das moléculas, colocando que, ao comparar substâncias polares com apolares, as primeiras apresentam maior valor da referida propriedade física, considerando que as suas interações (dipolo-dipolo e Ligações de Hidrogênio) são mais difíceis de serem rompidas por serem mais fortes.

No trecho extraído de LDQ 3 (Quadro 13), percebemos que os autores esperam que os estudantes compreendam a relação entre a polaridade, a força das Interações Intermoleculares e a temperatura de ebulição. No capítulo, eles explicam que “conforme o grau de polarização das moléculas, tanto nos dipolos permanentes, como nos induzidos, a intensidade dessas interações entre as moléculas será maior ou menor (LDQ 3, 2010, p. 324)”. Dessa forma, estabelecem uma relação entre polaridade, tipo e força da Interação Intermolecular envolvida.

Após esse trecho extraído de LDQ 3, há um questionamento sobre que tipo de molécula teria maior temperatura de ebulição, se a polar ou a apolar, a fim de mostrar que a quebra das interações existentes entre as moléculas polares é mais difícil em relação à das apolares. Também mostram que a polaridade não é o único fator que interfere, pois acrescentam que “o tamanho e a massa das moléculas também são importantes para as interações intermoleculares” (LDQ 3, 2010, p.325).

LDQ 1, 6, 10 e 2, 7, 11 citam a massa molar como um fator que pode também influenciar na temperatura/ponto de ebulição. Quando analisamos a temperatura de ebulição das moléculas com seus valores de massa, percebemos que ela aumenta de acordo com a

intensidade das Interações Intermoleculares. Porém, se comparamos moléculas com um mesmo tipo de interação, essa propriedade física aumenta de acordo com a massa molecular.

Apesar dos seis LDQ (1, 6, 10 e 2, 7, 11) utilizarem massa molar (de um mol de moléculas) como parâmetro para analisar a variação da temperatura de fusão e ebulição, o mais adequado é a massa molecular (de uma molécula) (JUNQUEIRA, 2017).

Para melhor compreensão dessas relações – massa molecular e temperatura de fusão -, Q5 (Figura 18) e os LDQ 1, 6 e 10 (Figura 19) utilizam um quadro.

Figura 18 – Relação entre a temperatura de ebulição e a massa usada na Q5.

Questão 112

Os hidrocarbonetos são moléculas orgânicas com uma série de aplicações industriais. Por exemplo, eles estão presentes em grande quantidade nas diversas frações do petróleo e normalmente são separados por destilação fracionada, com base em suas temperaturas de ebulição. O quadro apresenta as principais frações obtidas na destilação do petróleo em diferentes faixas de temperaturas.

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produto(s)	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral C_nH_{2n+2})
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	C_1 a C_4
2	30 a 180	Gasolina	C_6 a C_{12}
3	170 a 290	Querosene	C_{11} a C_{16}
4	260 a 350	Óleo diesel	C_{14} a C_{18}

SANTA MARIA, L. C. et al. Petróleo: um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 15, maio 2002 (adaptado).

Fonte: BRASIL, 2019c.

Figura 19 – Variação das temperaturas de fusão e de ebulição relacionadas com as Interações Intermoleculares usada pelos LDQ 1,6 e 10.

Massa molar, força intermolecular e temperaturas de fusão e ebulição				
Substância	Massa molar/ $g \cdot mol^{-1}$	Força intermolecular	Temperatura de fusão/°C	Temperatura de ebulição/°C
Propano, C_3H_8	44	dipolo induzido	-187	-42
Cloro, Cl_2	71	dipolo induzido	-100,98	-33,97
Bromo, Br_2	160	dipolo induzido	-7,25	58,78
Iodo, I_2	254	dipolo induzido	113,55	184,35
Brometo de hidrogênio, HBr	81	dipolo permanente	-86	-67
Metanal, CH_2O	30	dipolo permanente	-92	-21
Água, H_2O	18	ligações de hidrogênio	0	100
Diamante, C_n	indeterminada	macromolécula	3546,85	4826,85 (sublima)

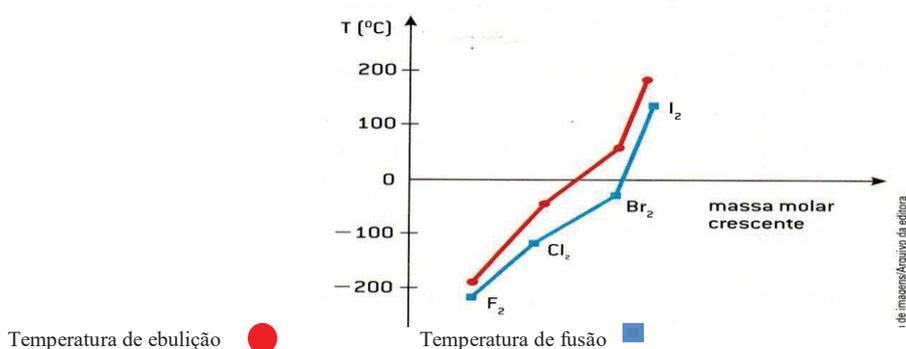
Fonte: PERRY, Rosat H.; GREEN, Don W. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 6th ed. Kansas: McGraw-Hill, 1984. (Chemical Engineering Series).

Fonte: LDQ 1 (2010, p.299), LDQ 6 (2014, p.250); LDQ 10 (2016, p.221)

No quadro usado por Q5 é possível encontrarmos a relação entre a massa molecular (através da quantidade de átomos do elemento Carbono) e a respectiva temperatura de ebulição. O óleo diesel, apresenta maior quantidade de átomos de Carbono, logo, maior massa molecular e, conseqüentemente, maior faixa de temperatura de ebulição.

Além de quadros, observamos o uso de gráficos pelos LDQ 2, 7 e 11, para relacionar a variação das temperaturas de ebulição com a massa molar, como mostra a Figura 20.

Figura 20 – Relação entre temperatura de ebulição, temperatura de fusão e massa molar de usada pelos LDQ 2, 7 e 11.



Fonte: adaptado de LDQ 2 (2012, p.261); LDQ 7 (2013, p.290); LDQ 11 (2017, p. 263).

De acordo com esses LDQ, uma das informações que pode ser extraída do gráfico é que

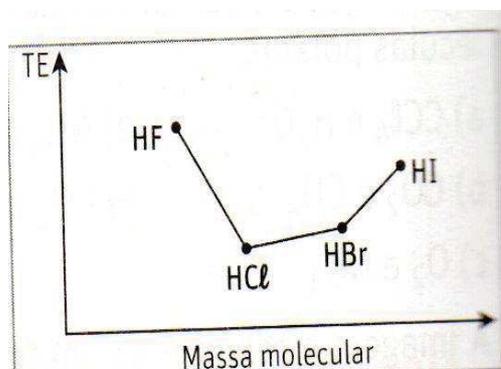
Essas substâncias, quando já não estão no estado gasoso à temperatura ambiente, podem ser facilmente transformadas em gases. Isso mostra que as interações entre suas moléculas no estado sólido e no estado líquido são frágeis. As forças que mantêm unidas as moléculas num sólido desse tipo resultam de interações muito fracas. [...] Essas interações dependem da superfície de contato entre as moléculas, de modo que, quanto maior e menos ramificada a molécula, maior a força de atração entre elas. A consequência disso é que essas interações crescem com o aumento da massa molar, como pode ser visto no gráfico (LDQ 2, 2012, p.261; LDQ 7, 2013, p.290; LDQ 11, 2017, p. 263).

As substâncias F₂, Cl₂, Br₂ e I₂ são apolares e interagem por dipolo induzido-dipolo induzido, que apresentam atrações fracas. Por terem o mesmo tipo de interação, outros fatores contribuem para o aumento da temperatura de ebulição, como o tamanho, a massa e a superfície de contato.

Outros três LDQ (4, 9 e 13) também relacionam a temperatura de ebulição em função das massas moleculares de quatro haletos de hidrogênio (HF, HCl, HBr e HI), mostradas

através de um gráfico (Figura 21). Contudo, a explicação está na forma de um texto complementar, dentro de uma caixa, e não no texto principal do capítulo.

Figura 21 – Relação entre temperatura de ebulição e massa usada pelos LDQ 4, 9 e 13



Fonte: LDQ 4 (2010, p.229); LDQ 9 (2013, p.173); LDQ 13 (2016, p.154)

Tanto na Figura 20 como na 21, os gráficos relacionam a temperatura de ebulição com a massa molecular, porém essa última permite uma discussão mais abrangente ao colocar os exemplos de haletos de hidrogênio, HCl, HBr e HI, que não apresentam os mesmos tipos de Interações Intermoleculares. HCl, HBr e HI apresentam interações do tipo dipolo-dipolo e as suas temperaturas de ebulição crescem de acordo com o aumento da massa molar.

Já a substância HF tem um comportamento anômalo, pois o ponto de ebulição é maior do que o esperado. Isso ocorre porque, apesar de apresentar a menor massa molecular entre as outras espécies citadas, possui interações fortes entre as moléculas devido às Ligações de Hidrogênio (BROWN et al, 2016), que é considerada a Interação Intermolecular mais forte entre as demais descritas no Capítulo 1.

Além da intensidade da força da Interação Intermolecular e da massa, sete LDQ (2, 7, 11, 4, 9, 13 e 14) também mencionam que a superfície de contato das moléculas também interfere na temperatura de ebulição e fusão.

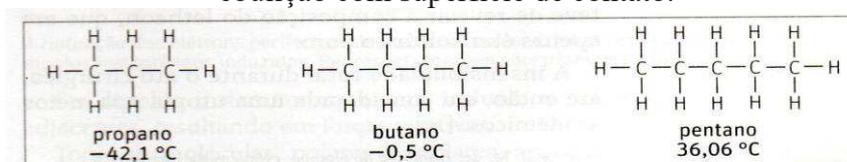
Em cada par, os compostos de cadeia linear têm temperaturas de fusão e de ebulição maiores que os de cadeia ramificada. Pode-se explicar esse fato admitindo-se que a superfície de contato é menor entre as cadeias ramificadas quando comparadas às cadeias normais. (LDQ 2, 2012, p.262; LDQ 7, 2013, p.291; LDQ 11, 2017, p.264).

Entretanto, entre substâncias que apresentam o mesmo tipo de interação intermolecular, a TE depende da superfície de contato entre as moléculas (LDQ 4, 2010, p.22; LDQ 9, 2013, p.173; LDQ 13, 2016, p.154).

As temperaturas de ebulição e de fusão de substâncias moleculares apolares (ligações dipolo induzido-dipolo induzido) dependem da superfície de contato entre as moléculas. Quanto maior for o tamanho da molécula, maior será a interação entre as moléculas, o que, em geral, resulta em maiores valores de temperatura de fusão e de ebulição (LDQ 14, 2016, p.60).

O fator superfície de contato, colocado pelos sete LDQ, pode ser melhor compreendido através do auxílio de estruturas químicas (Figura 22).

Figura 22– Estruturas químicas usadas pelos LDQ 4, 9 e 13 para relacionar temperatura de ebulição com superfície de contato.



Fonte: LDQ 4 (2010, p.229); LDQ 9 (2013, p.173); LDQ 13 (2016, p.154)

O par de cada uma das moléculas citadas na Figura 22 interage por meio da interação do tipo dipolo induzido-dipolo induzido, porque são moléculas apolares. Pelas estruturas químicas contidas é possível perceber que quanto maior a cadeia, mais interações ela terá, o que demandará mais energia para o seu rompimento, levando ao aumento na temperatura de ebulição.

Na Figura 23, retirada de LDQ 2, 7 e 11, a superfície de contato é analisada por meio da forma das cadeias, além do tamanho como na figura anterior. Entretanto, os pares das substâncias citadas também interagem pela dipolo induzido-dipolo induzido. O LDQ 14 traz um quadro parecido, porém, acrescenta a massa molar dos compostos, como mais um dado a ser analisado pelo estudante.

Figura 23 – Relação entre a temperatura de ebulição e temperatura de fusão com superfície de contato.

Substância	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Temperatura de fusão [°C]	Temperatura de ebulição [°C]
hexano	C ₆ H ₁₄	CH ₃ - CH ₂ - CH ₂ - CH ₂ - CH ₂ - CH ₃	-95,3	68,7
2,2-dimetilbutano	C ₆ H ₁₄	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-99,0	49,7
heptano	C ₇ H ₁₆	CH ₃ - CH ₂ - CH ₃	-90,6	98,5
2,2-dimetilpentano	C ₇ H ₁₆	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-123,8	79,2
octano	C ₈ H ₁₈	CH ₃ - CH ₂ - CH ₃	-56,8	125,6
2,2-dimetilhexano	C ₈ H ₁₈	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-121,1	106,8

Fonte: LDQ 2 (2012, p.262); LDQ 7 (2013, p.291); LDQ 11 (2017, p.264).

A apresentação das estruturas químicas no quadro pode não ser suficiente para que o aluno relacione as temperaturas de fusão e de ebulição, de cada par das substâncias listadas, com a superfície de contato. Para direcioná-lo a essa comparação, os autores comentam que

Os hidrocarbonetos, substâncias orgânicas constituídas apenas por átomos de carbono e hidrogênio, apresentam entre suas moléculas, apenas interações de van der Waals. Como as cadeias orgânicas de hidrocarbonetos com uma mesma massa molar podem ser mais ou menos ramificadas, a comparação entre suas temperaturas de fusão e de ebulição pode evidenciar esse fato (LDQ 2, 2012, p. 262; LDQ 7, 2013, p. 291; LDQ 11, 2017, p. 264).

Outro fator que influencia na temperatura de ebulição de moléculas apolares, que interagem por dipolo induzido-dipolo induzido, é a polarizabilidade, que está relacionada à quantidade de elétrons. Segundo Brown et al. (2016, p.471),

A facilidade com que a distribuição de carga em uma molécula pode ser deformada é chamada polarizabilidade da molécula. Em geral ela aumenta à medida que o número de elétrons de um átomo ou de uma molécula também aumenta. Portanto, a intensidade das forças de dispersão tende a aumentar com o aumento do tamanho do átomo ou da molécula.

Encontramos a relação da polarizabilidade com a temperatura de ebulição no LDQ 15, ao citar no capítulo analisado que

A magnitude das forças de London depende da facilidade com a qual a densidade eletrônica da molécula pode ser polarizada, gerando, assim, uma distribuição assimétrica de cargas (dipolos instantâneos), propriedade chamada polarizabilidade, que está relacionada com o tamanho da molécula e com o seu número de elétrons. De modo geral, a polarizabilidade de uma molécula é mais elevada quanto maior o número de elétrons e quanto maior for o tamanho dessa molécula. Esse fator reflete na temperatura de ebulição das substâncias (LDQ 15, 2016, p.230).

O LDQ 15 apresenta um quadro (Figura 24), para que o estudante compreenda a relação entre a temperatura de ebulição, a polaridade da molécula e a sua quantidade de elétrons. A observação dos dados pode facilitar a compreensão de que, analisando moléculas apolares, quanto maior a quantidade de elétrons, maior é a polarizabilidade, e maior será a temperatura de ebulição.

Figura 24: Relação entre a polaridade, quantidade de elétrons e a temperatura de ebulição.

Comparação entre o número de elétrons por molécula e a temperatura de ebulição das substâncias (medidas a 1 atm)					
Substância	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Polaridade	Número de elétrons	Temperatura de ebulição (°C)
Hidrogênio	H ₂	H — H	Apolar	2	-252,9
Oxigênio	O ₂	O = O	Apolar	16	-183,0
Metano	CH ₄	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Apolar	10	-161,5
Tetracloroeto de carbono	CCl ₄	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} - \text{C} - \text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	Apolar	74	+76,7

Fonte consultada: LIDE, D. R. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 87. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006.

Fonte: LDQ 15 (2016, p.230).

Além dessa propriedade física (temperatura de ebulição), encontramos também a temperatura de fusão, em alguns dos livros didáticos de Química analisados (Quadro 13). A temperatura de fusão aparece relacionada a de ebulição em sete LDQ (1, 6 e 10, como mostra a Figura 19; 2, 7, 11 na Figura 20 e 14).

Essas duas propriedades físicas, geralmente, apresentam o mesmo comportamento diante da massa molecular, dos tipos e intensidade das Interações Intermoleculares e da superfície de contato. Assim como a temperatura de ebulição, a temperatura de fusão também está relacionada com a mudança de estado de agregação da matéria, porém ocorre do sólido para o líquido.

Através do quadro da Figura 19, os LDQ 1, 6 e 10 permitem discutir, por exemplo, que a água apresenta maiores temperaturas de fusão e de ebulição do que algumas substâncias (Bromo, Propano, Cloro e Metanal), apesar de ter massa molecular menor do que elas. Segundo Atkins e Jones (2012, p.174), “as substâncias que têm Interações Intermoleculares fortes entram fusão em temperaturas mais elevadas”. Os três LDQ, assim como o LDQ 14, também mencionam isso:

Quanto mais intensas forem as forças intermoleculares, maior será a energia necessária para separar as moléculas e fazer a substância mudar de estado de agregação. Portanto, substâncias que fazem ligações de hidrogênio possuem temperaturas de fusão e de ebulição maiores do que substâncias cujas moléculas estão ligadas por forças de dipolo permanentes, e estas, por sua vez, possuem temperaturas de fusão e de ebulição maiores do que substâncias cujas moléculas estão ligadas por forças de dipolo induzido (LDQ 1, 2010, p.300; LDQ 6, 2014, p.251; LDQ 10, 2016, p.222).

As temperaturas de ebulição e de fusão de substâncias moleculares apolares (ligações dipolo induzido-dipolo induzido) dependem da superfície de contato das moléculas. Quanto maior for o tamanho da molécula, maior será

a interação entre as moléculas, o que, em geral, resulta em maiores valores de temperatura de fusão e de ebulição (LDQ 14, 2016, p.60).

Além dessas propriedades – temperatura/ponto de ebulição e de fusão e a solubilidade -, outra que é mencionada é a tensão superficial, abordada por seis LDQ (Quadro 12). Ela é evidenciada na capacidade que os insetos têm de caminhar sobre a superfície da água, no estado líquido (BROWN et al., 2016).

Os LDQ 1, 6 e 10 (de uma mesma autora) e 4, 9 e 13 (de uma mesma coleção) colocam a explicação da tensão superficial em quadros, como textos complementares denominados respectivamente de “Curiosidades” e “Saiba mais”, sem qualquer outro comentário sobre essa propriedade física ao longo do capítulo. Neles é evidenciada a relação entre essa propriedade física e a Interação Intermolecular mais forte, as Ligações de Hidrogênio, pois segundo Brown et al. (2016, p. 480), “a água tem uma tensão superficial alta em razão das suas fortes ligações de hidrogênio”. Os LDQ não trazem nenhuma representação para auxiliar a compreensão dessa propriedade, mas colocam algumas influências que ela tem sobre os fenômenos naturais.

Uma propriedade importante da água é a tensão superficial. As moléculas de água fazem ligações de hidrogênio entre si, por isso são fortemente atraídas umas pelas outras. Em um volume de água líquida, há moléculas que ficam na superfície e moléculas que ficam abaixo da superfície. As moléculas que ficam abaixo da superfície fazem ligações de hidrogênio com as moléculas que se encontram em todas as direções: esquerda, direita, à frente, atrás, acima e abaixo. As moléculas que ficam na superfície só fazem ligações de hidrogênio com moléculas que se encontram abaixo delas ou ao lado. Essa atração para baixo e para o lado cria uma força sobre as moléculas da superfície, causando a chamada tensão superficial. [...] Nos lagos, por exemplo, a tensão superficial sustenta a vida de duas comunidades de microorganismos: os nêustons (bactérias, fungos e algas) e os plânctons (plantas superiores como aguapés e alfaces-d’água, e pequenos animais como larvas e crustáceos) (LDQ 1, 2010, p.294; LDQ 6, 2014, p.247; LDQ 10, p.217).

A alta tensão superficial apresentada pela água é explicada pelas ligações de hidrogênio estabelecidas entre moléculas dessa substância. O fenômeno da tensão superficial explica por que as gotas são arredondadas. No caso específico da água, a tensão superficial é tão alta que permite que alguns insetos, como o alfaiate, andem sobre ela. O fenômeno explica também por que uma lâmina de barbear feita de aço [...], flutua quando colocada horizontalmente sobre a água (LDQ 4, 2010, p.226; LDQ 9, 2013, p.170; LDQ 13, 2016, p.151).

Juntos aos trechos extraídos dos LDQ acima não há nenhum tipo de representação que auxilie ao aluno no entendimento da tensão superficial. Mas, podemos perceber, através

desses excertos, que essa propriedade explica vários fenômenos comuns. Segundo a BNCC (2018, p.548), o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deverá

[...] discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, **nas questões ambientais**, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar **as relações entre ciência**, tecnologia, sociedade e **ambiente** (Grifo nosso).

Em relação à compreensão e tratamento dos fenômenos naturais associados aos conceitos de Interações Intermoleculares, os LDQ e as questões do Enem se alinham. Diversos contextos foram abordados por esses dois objetos de estudo. Para o Exame é importante que ocorra

[...] a valorização da articulação entre a ciência, a tecnologia e as questões sociais, visando formar um cidadão pensante, crítico e, sobretudo, capaz de intervir na realidade e de ser um agente de transformação de seu meio (MACENO et al, 2011).

Contudo, apesar das questões do Enem explorarem situações cotidianas e fenômenos naturais, não observamos naquelas analisadas, a avaliação da relação entre a tensão superficial e as Interações Intermoleculares.

Com esse e os demais resultados obtidos, chegamos às Considerações Finais que serão apresentadas a seguir.

7 CONCLUSÃO

Em nossa pesquisa, nos propusemos a analisar como as Interações Intermoleculares são apresentadas nos LDQ, aprovados pelo Plano Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) nos triênios de 2012, 2015 e 2018, e nas questões do Enem, 2012 a 2019 de maneira a apontar algumas implicações nos processos de ensino e aprendizagem no Ensino Médio.

O estudo das Interações Intermoleculares pode oportunizar a compreensão do comportamento das moléculas nos diferentes estados físicos, e o modo como ele influencia nas propriedades físicas da matéria, além do aprendizado de outros conteúdos da Química. Ele permite ainda uma interpretação de forma mais ampla dos fenômenos, podendo ser interpretados sob o olhar químico e/ou biológico, por exemplo. Por isso, o conhecimento sobre elas é necessário para o entendimento da vida na Terra. Partindo desse ponto, procuramos analisar as denominações mais utilizadas para as Interações Intermoleculares e seus tipos, assim como a relação com algumas propriedades físicas.

Os livros denominam as interações entre as moléculas como: Interações Intermoleculares, Forças Intermoleculares, Interações de van der Waals, Forças de van der Waals, Ligações Intermoleculares e Interações Moleculares. As duas primeiras também apareceram em três questões do Enem analisadas. Essa convergência é importante à medida que permite ao estudante identificar e associar o nome à definição.

Entretanto, em relação aos tipos de Interações Intermoleculares, encontramos divergências até mesmo entre os LDQ. Uma delas estava relacionada a interação que ocorre entre moléculas apolares, que alguns dos livros didáticos de Química denominam dipolo induzido-dipolo induzido, e outros como dipolo instantâneo-dipolo instantâneo, dipolo induzido, dipolo instantâneo-dipolo induzido, Forças de London, Interação de van der Waals e Forças de van der Waals.

Em relação a esta última, 11 LDQ a utilizam como sinônimo de Interações Intermoleculares, o que pode dificultar a compreensão, uma vez que, dependendo do livro adotado pelo professor, a interação que ocorre entre moléculas polares recebe outros nomes: dipolo-dipolo, dipolo permanente-dipolo permanente ou apenas dipolo permanente. Essa diferenciação precisa ser esclarecida, para que não haja o desenvolvimento de concepções equivocadas pelos alunos e certa confusão, uma vez que em três questões do Enem foi avaliado o reconhecimento dos tipos de Interações Intermoleculares, entre as que foram citadas nas alternativas.

Outra divergência, constatada na denominação dos tipos de Interações Intermoleculares, está direcionada ao dipolo-dipolo induzido. Três LDQ o exemplificam com as interações que ocorrem entre as moléculas apolares, de maneira equivocada. Entretanto, entre moléculas apolares, ocorre apenas a dipolo induzido-dipolo induzido, também conhecida como forças de dispersão de London, ou simplesmente forças de dispersão, sendo ela uma interação comum a todas as moléculas – polares e apolares, como é apresentado apenas por 11 LDQ.

Logo, essa abordagem pode ocasionar uma concepção equivocada sobre essa Interação Intermolecular, que inclusive também está em uma das questões do Enem, pois a natureza dessa interação envolve molécula polar e molécula apolar.

Mesmo quando há convergência entre nome e definição, observamos a utilização de terminologias que não são mais recomendadas em quatro LDQ, como Pontes de Hidrogênio, quando se referiam às Ligações de Hidrogênio. Entretanto, acreditamos que a atualização da terminologia científica pode ser feita em edições futuras desses livros didáticos.

Outra interação que não é classificada como Intermolecular, mas está presente no mesmo capítulo, é aquela que ocorre entre um íon e a carga parcial em certo lado de uma molécula polar, a íon-dipolo. Nove dos 15 LDQ oportunizam esse conhecimento ao aluno, que também foi encontrado em duas questões do Enem. Logo, neste aspecto, verificamos a consonância entre os objetos de estudo em relação a importância do seu aprendizado, apesar de alguns dos livros o tratarem em uma caixa de texto e não no texto base do capítulo.

Além da denominação e do conceito, encontramos nos LDQ e nas questões do Enem, relações entre as Interações Intermoleculares e as propriedades físicas da matéria (solubilidade, temperaturas de fusão e de ebulição e tensão superficial), inclusive observamos que seis livros trazem propostas de experimentação o que contribui para o seu entendimento. Vale considerar que essas propriedades são melhores compreendidas quando a sua explicação é feita a partir do conhecimento das interações existentes entre as moléculas, logo é necessário que isso seja colocado para os alunos.

A solubilidade e a temperatura, ou ponto, de ebulição foram as propriedades físicas identificadas em todos os livros. Notamos que a segunda propriedade aparece diretamente em uma questão do Enem (Q5), enquanto a primeira, indiretamente em uma situação colocada no enunciado de outra questão. Contudo, os dois materiais utilizados na análise utilizam situações cotidianas para explorar as propriedades.

Ainda em relação à solubilidade, encontramos em seis LDQ, uma referência de que essa propriedade segue uma regra, que três livros a nomeiam como “semelhante dissolve

semelhante”. O estabelecimento de uma regra para a solubilidade pode desenvolver concepções muito restritas, além de não explicar como ocorre a dissolução de alguns gases apolares em líquidos polares, por exemplo.

O estudo dessa propriedade também se apoia em estruturas químicas, que podem possibilitar a compreensão da sua relação com as Interações Intermoleculares, no que diz respeito a polaridade das moléculas. Porém, é necessária uma análise detalhada dessas representações para que o entendimento se dê. A utilização de estruturas químicas não é exclusiva dos LDQ, pois também aparecem em duas questões do Enem. Portanto, há um alinhamento entre os objetos de estudo nesse quesito.

Já uma outra questão do Enem não se apoia em estruturas, mas sim, em uma equação química, para auxiliar o estudante na compreensão de como se formam os núcleos de condensação, com a molécula da água, para a formação das chuvas. Esse tipo de suporte não foi encontrado em nenhum dos LDQ analisados, mas poderia ser usado, uma vez que o estudo das reações químicas pode ser ampliado por meio da compreensão das Interações Intermoleculares, auxiliando na transição do nível simbólico ao submicroscópico.

A tensão superficial aparece em seis LDQ, porém, ela não foi encontrada em nenhuma das questões selecionadas do Enem. Dessa forma, podemos inferir que esses conteúdos, assim como as Interações Intermoleculares, de maneira geral, não estão sendo avaliados efetivamente no Enem

Analisamos oito edições do Enem de 2012 a 2019, o que totaliza 360 questões de Ciências da Natureza, das quais apenas cinco tratam diretamente das Interações Intermoleculares, logo o assunto não foi avaliado em todos os anos. A pouca quantidade de questões para serem analisadas foi um fator limitante para a nossa pesquisa, porém, se constituiu como um dado, que buscou ser entendido. Compreendemos que uma das possíveis causas seja a quantidade de objetos de conhecimento existentes na Matriz de Referência, mas particularmente achamos que esse conteúdo deveria ser mais abordado, pois ele é a base na construção de outros conhecimentos químicos.

Podemos concluir que os livros didáticos e o Enem se alinham em alguns aspectos da abordagem das Interações Intermoleculares, e que o primeiro pode se constituir como importante fonte de estudo do assunto para os estudantes, mas cabe a(o) professor(a) fazer os complementos que são necessários e trabalhar as habilidades propostas na matriz desse Exame, utilizando a metodologia que considerar mais apropriada ao contexto e às demandas de seus alunos.

Esperamos que os resultados apontados por essa pesquisa possam contribuir para o aprimoramento do planejamento e do desenvolvimento de sequências didáticas pelos docentes, as quais possam conter diferentes tipos de atividades, além dos experimentos sugeridos pelos livros analisados.

Além disso, que essa dissertação se constitua como um material complementar ao processo de formação inicial e continuada de professores, no que diz respeito ao processo de ensino e aprendizagem das Interações Intermoleculares.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P.W; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5ªed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2012.

AYRES, C. ARROIO, A. Aplicação de uma sequência didática para o estudo de forças intermoleculares com uso de simulador computacional. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v.10, n.2, p.164-185, out., 2015.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BARBOSA, R. M. C.; Di RENZO, A. M. ENEM: Opacidade no/do discurso de democratização do acesso ao Ensino Superior. **Revista Ecos**, Rio de Janeiro, v.18, n.1, p.333-351, jan., 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei n. 9394, de 20 de dezembro de 1996**. Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, Distrito Federal, 1996.

BRASIL. **Decreto nº 9 099, de 18 de julho de 2017**. Dispõe sobre o programa nacional do livro e do material didático. Brasília, DF, 18 jul, 2017a. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2017/decreto-9099-18-julho-2017-785224-publicacaooriginal-153392-pe.html> . Acesso em: 4 out. 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Editais do Exame Nacional do Ensino Médio 2009**. Brasília, 28 maio 2009. Disponível em: https://download.inep.gov.br/download/institucional/editais/2009/Editais_Enem2009.pdf Acesso em: 20 nov.2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Editais do Exame Nacional do Ensino Médio 2010**. Brasília, 18 jun. 2010. Disponível em: https://enem.inep.gov.br/pdf/editais_enem2010_atualizado_210610.pdf. Acesso em: 22 nov.2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Editais do Exame Nacional do Ensino Médio 2018**. Brasília, 20 mar. 2018. Disponível em: https://enem.inep.gov.br/pdf/editais_enem2010_atualizado_210610.pdf. Acesso em: 22 nov.2019.

BRASIL. **Fundamentação teórico metodológica do Enem**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/documents/186968/484421/ENEM+-Exame+Nacional+do+Ensino+M%C3%A9dio+fundamenta%C3%A7%C3%A3o+te%C3%B3rico-metodol%C3%B3gica/449eea9e-d904-4a99-9f98-da804f3c91f5?version=1.1> Acesso em: 15 dez. 2019.

BRASIL. **Guia do livro didático PNLD 2012 : química : ensino médio**. Brasília : 2011. Disponível em: <https://www.fnede.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-m%C3%A9dio>.

Acesso em: 23 nov.2019.

BRASIL. **Guia do livro didático PNLD 2015** : química, ensino médio. Brasília, 2014. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/5940-guia-pnld-2015>. Acesso em: 23 nov. 2019.

BRASIL. **Guia do livro didático PNLD 2018** : química, ensino médio. Brasília, 2017b. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/11148-guia-pnld-2018>. Acesso em: 23 nov. 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Histórico do Exame Nacional do Ensino Médio**. Brasília, [2019b]. Disponível em: <http://inep.gov.br/enem/historico#:~:text=O%20Inep%20e%20o%20Minist%C3%A9rio,cons%20eguir%20pontos%20para%20o%20vestibular>. Acesso em: 20 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio**. Brasília, [2015]. Disponível em: https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf. Acesso em: 29 ago. 2019

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira . **Notícias do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, Brasília, 30 ago. 2018. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/primeira-aplicacao-do-enem-completa-20-anos-nesta-quinta-feira-30-de-agosto/21206. Acesso em: 20 nov. 2019.

BRASIL. **Portaria nº468 de 3 de abril de 2017**. Dispõe sobre a reatuação do Exame Nacional do Ensino Médio – Enem e dá outras providências. Brasília, DF, 3 abr. 2017c. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20144117/do1-2017-04-04-portaria-no-468-de-3-de-abril-de-2017-20144067. Acesso em: 10 nov. 2019.

BRASIL. **Portaria nº1321 de 17 de outubro de 2017**. Divulga a relação de instituições e entidades da sociedade civil responsáveis pela indicação de especialistas a serem considerados na composição das comissões técnicas das edições de 2019 e 2020 do Programa Nacional do Livro e do Material Didático-PNLD. Brasília, DF, 17 out.2017d. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19361697/do1-2017-10-18-portaria-n-1-321-de-17-de-outubro-de-2017-19361632. Acesso em: 15 out. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Provas e Gabaritos do Enem 2013**. Brasília, 2013. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2013/caderno_enem2013_sab_azul.pdf. Acesso em: 18 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Provas e Gabaritos do Enem 2016**, Brasília, 2016. Disponível

em:http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2016/CAD_ENEM_2016_DIA_1_01_AZUL.pdf. Acesso em: 18 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Provas e Gabaritos do Enem 2017**. Brasília, 2017d. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2017/cad_1_prova_azul_5112017.pdf. Acesso em: 18 mar. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Provas e Gabaritos do Enem 2019**. Brasília, 2019c. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2019/caderno_de_questoes_1_dia_caderno_1_azul_aplicacao_regulard.pdf. Acesso em 15 jan. 2020.

BROWN, T.L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E; BURDGE, J. R. **Química: a ciência Central**. 13ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2016.

CASSAB, M. A problemática da seleção do livro didático de ciências: por que discutir sua linguagem? In: MARTINS, I.; GÔUVEA, G.; VILANOVA, R. **O livro didático de Ciências: contexto de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula**. Rio de Janeiro: Faperj, 2012, p.31-43.

CARNEIRO, M.H.S; SANTOS, W.L.P; MÓL, G.S. Livro Didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida, **Ensaio**, Belo Horizonte, v.7, n.2, p.101-113, jan., 2005.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.30, n.3, p.549-566, set/dez, 2004.

COSTA, E.S.C; SANTOS, M.L; SILVA, E.L. Abordagem da Química no novo Enem: Uma análise acerca da interdisciplinaridade. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.38, n.2, p.112-120, fev.,2016.

CISCATO, C.A.M.; PEREIRA,L.F.;CHEMELLO,E.;PROTI,P.B. **Química**. 1ªed. São Paulo: Moderna, 2016.

CURI, D. Polímeros e Interações Intermoleculares. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 23, p. 19-22, maio, 2006.

FIORUCCI. A.R; B.F.E. A importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. **Química nova na Escola**, São Paulo, n.22, p.10-16, nov., 2005.

FONSECA, M.R.M. **Química: Meio ambiente, Cidadania e Tecnologia**. 1ªed. São Paulo: FTD, 2010.

FONSECA, M.R.M. **Química**. 1ªed. São Paulo: Ática, 2013.

FONSECA, M.R.M. **Química**. 2ªed. São Paulo: Ática, 2016.

FRISON, M.D; VIANNA, J. CHAVES, J.M; BERNARDI, F.N. Livro Didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de Ciências Naturais. In:

Encontro Nacional em educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009, p.110-123.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ªed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUGLIOTTI, M. A Química do Corpo Humano: Tensão superficial dos pulmões. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.16, p. 3-5, nov., 2002.

HERBST, M.H.; MONTEIRO FILHO, A.R.M. Um outro olhar sobre as Ligações Hidrogênio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.41, n.1, p. 10-16, fev., 2019.

HOMRICH, A.M; RUPPENTHAL, N; MARQUES, C.A. Alimentação e o Ensino de Química: Uma análise de Livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v.41, n. 1, p.108-116, ago., 2019.

JUNQUEIRA, M.M. **Um estudo sobre o tema interações intermoleculares no contexto da disciplina de química geral**: a necessidade da superação de uma abordagem classificatória para uma abordagem molecular. 2017. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

KOTZ, J.C.; TREICHEL, P.M; WEAVER, G.C. **Química Geral e Reações Químicas**. 6ªed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

LAJOLO, M. Livro Didático: um (quase) manual de usuário. **Revista Em Aberto**, Brasília, v. 16, n. 69, p. 2-9, maio, 1996.

LISBOA, J.C.F; BRUNI, A.T; NERY, A.L.P; LIEGEL, R.M; AOKI, V.L.M.. **Ser Protagonista: Química**. 1ªed. São Paulo: SM, 2010.

LISBOA, J.C.F; BRUNI, A.T; NERY, A.L.P; LIEGEL, R.M; AOKI, V.L.M.. **Ser Protagonista: Química**. 2ªed. São Paulo: SM, 2013.

LISBOA, J.C.F; BRUNI, A.T; NERY, A.L.P; LIEGEL, R.M; AOKI, V.L.M. **Ser Protagonista: Química**. 3ªed. São Paulo: SM, 2016.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: Abordagens Qualitativas**, São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2004.

MACENO N.G.; RITTER-PEREIRA, J; MALDANER, O.A.; GUIMARÃES, O.M . A Matriz de Referência do ENEM 2009 e o Desafio de Recriar o Currículo de Química na Educação Básica. **Química nova na Escola**, São Paulo, v.33, n.3, p.153-159, maio, 2011.

MARCELINO, L.V; RECENA, M.C.P. Possíveis influências do novo Enem nos currículos educacionais de Química. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v.23, n.53, p.148-177, dez., 2012.

MASSI, L; SOUSA, R.; LALUCE, C.; JAFELICCI JUNIOR, M. Fundamentos e aplicação da flotação como técnica de separação de misturas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.28, p.20-23 , maio, 2008.

MARTINS, I.; GOUVEA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 4, pág. 38-40, dez. 2005.

MELO, F.G. Estado e Políticas Públicas para o Livro Didático no Brasil. **Revista on-line de Política e Gestão Educacional**, São Paulo, v.20, n.3, p. 547-562, 2016.

MIRANDA, A.C.G. **Transição progressiva dos modelos explicativos de estudantes do nível médio sobre forças intermoleculares**. 2018. Tese (Doutorado em Educação em Ciências). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

MIRANDA, A.C.G.; BRAIBANTE, M.E.F; PAZINATO,M.S. Tendências de ensino e aprendizagem de forças intermoleculares a partir da análise de publicações em periódicos nacionais e internacionais. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v.17, n.2, p.394-419, mai., 2018.

MIRANDA, A.C.G; PAZINATO,M.S; BRAIBANTE, M.E.F. A visão de ciência apresentada em livros didáticos de Química na abordagem de forças intermoleculares. **Vivências: Revista eletrônica de extensão da URI**, Rio Grande do Sul, v.15, n.28, p.23-34, maio, 2019.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H. **Química**. 1ªed. São Paulo: Scipione, 2012.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H. **Química**. 2ªed. São Paulo: Scipione, 2013.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H. **Química**. 3ªed. São Paulo: Scipione, 2016.

NOVAIS, V.L.D.;TISSONI, M. **Vivá: Química**. 1ªed. Curitiba: Positivo, 2016.

OLIVEIRA, A. C. G.; ROSA, M. I. P. Recontextualizações e Hibridismos em Processos de Elaboração e Avaliação de Livros Didáticos de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 38, n.3, p. 273-283, ago., 2016.

PEREIRA, T.I.A.; VACILOTO, N.C.N.; PAULINO, A.C.A.; MARCONDES, M.E.R. O cotidiano como contexto para o ensino de transformações químicas. **Indagatio Didactica**, v.11, n.02, p.585-602, mar., 2019.

PERUZZO, F.M.; CANTO, E.L. **Química: na abordagem do cotidiano**. 4ªed. São Paulo: Moderna, 2010.

REIS, A,S. **Ligações hidrogênio no cotidiano: uma contribuição para o ensino de química**. 2008. Dissertação, Mestrado em Química, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ROCHA, W. Interações Intermoleculares. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 4, p. 31-36, maio, 2001.

SANTOS, W.L.P.; MÓL, G.S. (Org). **Química Cidadã**. 1ªed. São Paulo: Nova Geração, 2010.

SANTOS, W.L.P.; MÓL, G.S. (Org). **Química Cidadã**. 2ªed. São Paulo:AJS, 2013.

SANTOS, W.L.P.; MÓL, G.S. (Org). **Química Cidadã**. 3ªed. São Paulo:AJS, 2016.

SERIBELI, F.L. **Interações Intermoleculares: o estado da arte da pesquisa em ensino e desenvolvimento de atividades práticas experimentais sobre o tema.** *Scienti Vitae*, São Paulo, v.7, n.23, p.18-36, jan., 2019.

MASSI, L; SOUSA, R.; LALUCE, C.; JAFELICCI JUNIOR, M. Fundamentos e aplicação da flotação como técnica de separação de misturas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.28, p.20-23 , nov., 2008.

SILVA, L. R. C. DAMASCENO, A.D; RODRIGUES, M.M.C; SOBRAL, K.M; FARIAS, I.M.S. Pesquisa documental: alternativa investigativa na formação docente. In: Congresso Nacional de Educação, 9.; Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia 3., 2009, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2009, p. 4554-4566.

TOSTES, J.G. Estrutura molecular: o conceito fundamental da Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.7, p.17-20, fev., 1998.

ANEXO A – Objetos de Conhecimento do Componente Curricular Química associados às Matrizes de Referência do Enem.

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

QUÍMICA

. **Transformações Químicas** - Evidências de transformações químicas. Interpretando transformações químicas. Sistemas Gasosos: Lei dos gases. Equação geral dos gases ideais, Princípio de Avogadro, conceito de molécula; massa molar, volume molar dos gases. Teoria cinética dos gases. Misturas gasosas. Modelo corpuscular da matéria. Modelo atômico de Dalton. Natureza elétrica da matéria: Modelo Atômico de Thomson, Rutherford, Rutherford-Bohr. Átomos e sua estrutura. Número atômico, número de massa, isótopos, massa atômica. Elementos químicos e Tabela Periódica. Reações químicas.

. **Representação das transformações químicas** - Fórmulas químicas. Balanceamento de equações químicas. Aspectos quantitativos das transformações químicas. Leis ponderais das reações químicas. Determinação de fórmulas químicas. Grandezas Químicas: massa, volume, mol, massa molar, constante de Avogadro. Cálculos estequiométricos.

. **Materiais, suas propriedades e usos** - Propriedades de materiais. Estados físicos de materiais. Mudanças de estado. Misturas: tipos e métodos de separação. Substâncias químicas: classificação e características gerais. Metais e Ligas metálicas. Ferro, cobre e alumínio. Ligações metálicas. Substâncias iônicas: características e propriedades. Substâncias iônicas do grupo: cloreto, carbonato, nitrato e sulfato. Ligação iônica. Substâncias moleculares: características e propriedades. Substâncias moleculares: H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 , NH_3 , H_2O , HCl , CH_4 . Ligação Covalente. Polaridade de moléculas. Forças intermoleculares. Relação entre estruturas, propriedade e aplicação das substâncias.

. **Água** - Ocorrência e importância na vida animal e vegetal. Ligação, estrutura e propriedades. Sistemas em Solução Aquosa: Soluções verdadeiras, soluções coloidais e

suspensões. Solubilidade. Concentração das soluções. Aspectos qualitativos das propriedades coligativas das soluções. Ácidos, Bases, Sais e Óxidos: definição, classificação, propriedades, formulação e nomenclatura. Conceitos de ácidos e base. Principais propriedades dos ácidos e bases: indicadores, condutibilidade elétrica, reação com metais, reação de neutralização.

. **Transformações Químicas e Energia** - Transformações químicas e energia calorífica. Calor de reação. Entalpia. Equações termoquímicas. Lei de Hess. Transformações químicas e energia elétrica. Reação de oxirredução. Potenciais padrão de redução. Pilha. Eletrólise. Leis de Faraday. Transformações nucleares. Conceitos fundamentais da radioatividade. Reações de fissão e fusão nuclear. Desintegração radioativa e radioisótopos.

. **Dinâmica das Transformações Químicas** - Transformações Químicas e velocidade. Velocidade de reação. Energia de ativação. Fatores que alteram a velocidade de reação.

. **Transformação Química e Equilíbrio** - Caracterização do sistema em equilíbrio. Constante de equilíbrio. Produto iônico da água, equilíbrio ácido-base e pH. Solubilidade dos sais e hidrólise. Fatores que alteram o sistema em equilíbrio. Aplicação da V e do equilíbrio químico no cotidiano.

. **Compostos de Carbono** - Características gerais dos compostos orgânicos. Principais funções orgânicas. Estrutura e propriedades de Hidrocarbonetos. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos oxigenados. Fermentação. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos nitrogenados. Macromoléculas naturais e sintéticas. Noções básicas sobre polímeros. Amido, glicogênio e celulose. Borracha natural e sintética. Polietileno, poliestireno, PVC, Teflon, náilon. Óleos e gorduras, sabões e detergentes sintéticos. Proteínas e enzimas.

. **Relações da Química com as Tecnologias, a Sociedade e o Meio Ambiente** - Química no cotidiano. Química na agricultura e na saúde. Química nos alimentos. Química e ambiente. Aspectos científico-tecnológicos, socioeconômicos e ambientais associados à obtenção ou produção de substâncias químicas. Indústria Química: obtenção e utilização do cloro, hidróxido de sódio, ácido sulfúrico, amônia e ácido nítrico. Mineração e Metalurgia.

Poluição e tratamento de água. Poluição atmosférica. Contaminação e proteção do ambiente.

. **Energias Químicas no Cotidiano** - Petróleo, gás natural e carvão. Madeira e hulha. Biomassa. Biocombustíveis. Impactos ambientais de combustíveis fósseis. Energia nuclear. Lixo atômico. Vantagens e desvantagens do uso de energia nuclear.

Disponível em <http://portal.inep.gov.br/matriz-de-referencia>

ANEXO B – Critérios de avaliação do PNLD 2018.

« PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO »

Para avaliação dos livros didáticos de Química, foram considerados critérios que abrangeram desde a legislação educacional brasileira até aspectos específicos do conhecimento químico e seu ensino.

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.

A ciência química é compreendida como **atividade humana de caráter histórico e cultural** que, através dos tempos, vem permeando a **produção de tecnologias, artefatos e processos, na articulação com diferentes setores produtivos na sociedade**. Além da articulação com o mundo do trabalho, a Química – como componente curricular inserido no ambiente escolar – também deve articular seus saberes com diferentes campos, possibilitando formas de compreensão acerca da **natureza, de atividades humanas como as artes e a literatura**, por exemplo.

Do ponto de vista epistemológico, os princípios de identidade e processo são centrais para o entendimento de todo o arcabouço teórico-prático que se caracteriza como ciência química, que, mediada didaticamente na escola, se transforma em conhecimento escolar. O princípio de identidade é expresso no **conceito de substância** como unidade-base que define a matéria. Por sua vez, o princípio de processo relaciona-se diretamente com o **conceito de reação ou transformação química**, que rege toda a estrutura conceitual da ciência, desdobrada em diferentes áreas, conhecidas por química inorgânica, química orgânica e físico-química.

Outro aspecto a ser considerado na constituição desse componente curricular é a **articulação entre três níveis de conhecimento: o empírico, o teórico e a linguagem**, sendo que os dois últimos são mutuamente constituídos. Considerando as relações pedagógicas, há conjuntos de conteúdos que configuram conceitos e práticas, focando especificamente o **estudo de materiais, a dimensão energética envolvida nas suas transformações, bem como os modelos explicativos voltados para a dimensão microscópica da constituição da matéria**, que são importantes e devem estar presentes nos livros didáticos de Química.

A partir dessas considerações, presentes no edital, foram construídos os critérios de avaliação do componente curricular Química no PNLD 2018, explicitados na ficha de avaliação reproduzida a seguir, que contém 06 blocos de avaliação, sendo: Descrição da Obra; Características Gerais da Obra; Conformidade com a legislação; Coerência do conhecimento químico na obra; Pressupostos Teórico-Metodológicos do Ensino de Química e Perspectiva orientadora presente no Manual do Professor.

PROPOSTA DE INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

CÓDIGO DA OBRA	CÓDIGO DO AVALIADOR

BLOCO 01

<DESCRIÇÃO DA OBRA>

Quadro 1. Descrição da obra e sumário (Livro do Estudante e Manual do Professor)

APRESENTAÇÃO DA OBRA
ANÁLISE DA DISPOSIÇÃO E DA ORGANIZAÇÃO DOS CONTEÚDOS QUÍMICOS NA OBRA

BLOCO 02

<CARACTERÍSTICAS GERAIS DA OBRA>

Quadro 2.1. Indicadores que demonstram as "Características Gerais da Obra".

ITEM	INDICADORES
2.1.1	atende às normas do acordo ortográfico da língua portuguesa.
2.1.2	é isenta de identificação de autoria, nome da coleção e /ou da editora nos volumes impressos.
2.1.3	adequa sua estrutura editorial e do projeto gráfico a seus objetivos didático-pedagógicos.
2.1.4	apresenta legibilidade gráfica adequada para o nível de escolaridade visado (desenho, tamanho e espaçamento de letra, palavras e linhas, títulos e subtítulos hierarquizados, formato, dimensões e disposição dos textos na página).

BLOCO 03

<CONFORMIDADE COM A LEGISLAÇÃO>

Quadro 3.1. Conformidade dos princípios educacionais da obra com a legislação, as diretrizes e as normas oficiais relativas ao Ensino Médio.

ITEM	INDICADORES
3.1.1	respeita a legislação, as diretrizes e as normas oficiais relativas ao Ensino Médio.
3.1.2	promove a construção de conhecimentos socialmente relevantes, tanto para participação cidadã na vida pública, quanto para a inserção no mundo do trabalho e no prosseguimento dos estudos.
3.1.3	observa os princípios éticos e democráticos necessários à construção da cidadania e ao convívio social republicano.
3.1.4	promove positivamente a imagem da mulher, considerando sua participação na produção do conhecimento químico, reforçando sua visibilidade e seu protagonismo social.
3.1.5	aborda a temática de gênero e possibilita a construção de uma sociedade não sexista, justa e igualitária, inclusive no que diz respeito ao combate à homo e transfobia.
3.1.6	é isenta de estereótipos e preconceitos de condição socioeconômica, regional, étnico-racial, de gênero, de orientação sexual, de idade, de linguagem, religioso, condição de deficiência, assim como qualquer outra forma de discriminação ou de violação dos direitos humanos.
3.1.7	é livre de doutrinação religiosa, política e/ou ideológica, respeitando o caráter laico e autônomo do ensino público.
3.1.8	promove a educação e cultura em direitos humanos, afirmando os direitos da criança e dos adolescentes, bem como o conhecimento e a vivência dos princípios afirmados no Estatuto do Idoso.
3.1.9	incentiva a ação pedagógica voltada para o respeito e a valorização da diversidade, promovendo positivamente a imagem de afrodescendentes e dos povos do campo.
3.1.10	aborda a temática das relações étnico-raciais, do preconceito, da discriminação racial, promovendo positivamente a cultura e história afro-brasileiras e dos povos indígenas.
3.1.11	é isenta de publicidade ou de difusão de marcas, produtos e serviços comerciais.

BLOCO 04

<COERÊNCIA DO CONHECIMENTO QUÍMICO NA OBRA>

Quadro 4.1. Indicadores que demonstram o critério "Coerência da obra com o conhecimento químico".

ITEM	INDICADORES
4.1.1	situa os conceitos químicos em diferentes contextos e/ou situações da vivência cotidiana.
4.1.2	articula os códigos da Química com o campo teórico e com o campo empírico dos fenômenos.
4.1.3	apresenta a Química como ciência de natureza humana marcada pelo caráter provisório, enfatizando as limitações de cada modelo explicativo, por meio da exposição de suas diferentes possibilidades de aplicação.
4.1.4	aborda a dimensão ambiental dos problemas contemporâneos, levando em conta não somente situações e conceitos que envolvem as transformações da matéria e os artefatos tecnológicos em si, mas, também, os processos humanos subjacentes aos modos de produção do mundo do trabalho.
4.1.5	apresenta o conhecimento químico de forma contextualizada, considerando dimensões sociais, econômicas e culturais, da vida humana em detrimento de visões simplistas acerca do cotidiano estritamente voltadas à menção de exemplos ilustrativos genéricos que não podem ser considerados significativos enquanto vivência.
4.1.6	é isenta de discursos maniqueístas a respeito da Química, calcados em crenças de que essa ciência é permanentemente responsável pelas catástrofes ambientais, fenômenos de poluição, bem como pela artificialidade de produtos, principalmente aqueles relacionados com alimentação e remédios.
4.1.7	articula os conteúdos com outros componentes curriculares, tanto na área das Ciências da Natureza quanto com outras áreas, marcando uma perspectiva interdisciplinar na proposição de temas, de questões de estudo e de atividades.
4.1.8	aborda noções e conceitos sobre propriedades das substâncias e dos materiais, sua caracterização, aspectos energéticos e dinâmicos, bem como os modelos de constituição da matéria a eles relacionados.
4.1.9	apresenta de modo correto, contextualizado e atualizado, conceitos, princípios, informações e procedimentos químicos.

BLOCO 05

<PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DO ENSINO DE QUÍMICA>

Quadro 5.1. Indicadores que demonstram o critério "Pressupostos teórico-metodológicos do ensino de Química".

ITEM	INDICADORES
5.1.1	contempla a abrangência teórico-conceitual da Química (história da ciência, CTSA, experimentação etc.).
5.1.2	apresenta pertinência educacional no cenário da diversidade sociocultural brasileira.
5.1.3	estimula o estudante a desenvolver habilidades de comunicação científica, inclusive de forma oral, proporcionando oportunidades de leitura e de produção de textos diversificados.
5.1.4	possui coerência e adequação da abordagem teórico-metodológica assumida pela obra no que diz respeito à proposta didático-pedagógica explicitada e aos objetivos visados.
5.1.5	está ordenada em torno de uma proposta pedagógica única e de uma progressão didática articulada com o componente curricular do Ensino Médio.
5.1.6	favorece a perspectiva interdisciplinar na abordagem dos conteúdos, incluindo referências a interfaces pedagógicas entre áreas afins e com outras áreas do conhecimento.
5.1.7	valoriza a construção do conhecimento químico a partir de uma linguagem constituída por representações e símbolos especificamente significativos para essa ciência e que necessitam ser mediados na relação pedagógica.
5.1.8	valoriza em suas atividades a necessidade de leitura e compreensão de representações nas suas diferentes formas, equações químicas, gráficos, esquemas e figuras a partir do conteúdo apresentado.
5.1.9	rompe com uma abordagem metodológica baseada em atividades didáticas que enfatizam exclusivamente aprendizagens mecânicas, com a mera memorização de fórmulas, nomes e regras, de forma descontextualizada.
5.1.10	apresenta experimentos adequados à realidade escolar, previamente testados e com periculosidade controlada, ressaltando a necessidade de alertas acerca dos cuidados específicos necessários para cada procedimento, indicando o modo correto para o descarte dos resíduos produzidos em cada experimento.
5.1.11	apresenta, em suas atividades, uma visão de experimentação que se alinha com uma perspectiva investigativa, que contribua para que os jovens pensem a ciência como campo de construção de conhecimento permeado por teoria e observação, pensamento e linguagem.
5.1.12	favorece a apresentação de situações-problema que fomentem a compreensão dos fenômenos, bem como a construção de argumentações que favoreçam tomadas de decisão no exercício da cidadania.

BLOCO 06

<PERSPECTIVA ORIENTADORA PRESENTE NO MANUAL DO PROFESSOR>

Quadro 6.1. Indicadores que demonstram o critério "Perspectiva orientadora presente no Manual do Professor.

ITEM	INDICADORES
6.1.1	explicita os objetivos da proposta didático-pedagógica efetivada pela obra e os pressupostos teórico-metodológicos por ela assumidos.
6.1.2	descreve a organização geral da obra, tanto no conjunto dos volumes quanto na estruturação interna de cada um deles.
6.1.3	indica ações para o uso adequado dos livros, inclusive no que se refere às estratégias e aos recursos de ensino a serem empregados.
6.1.4	indica as possibilidades de trabalho interdisciplinar na escola, oferecendo orientação teórico-metodológica e formas de articulação dos conteúdos do livro entre si e com outros componentes curriculares e áreas do conhecimento.
6.1.5	discute diferentes formas, possibilidades, recursos e instrumentos de avaliação que o professor poderá utilizar ao longo do processo ensino e aprendizagem.
6.1.6	propicia a reflexão sobre a prática docente, favorecendo sua análise por parte do professor e sua interação com os demais profissionais da escola.
6.1.7	apresenta textos de aprofundamento e propostas de atividades complementares às do livro do estudante.
6.1.8	apresenta claramente os pressupostos teórico-metodológicos de sua proposta didática, com detalhamento dos princípios que a norteiam e sua evidente concretização nos textos, nas imagens, nas atividades, nos experimentos e nos projetos de ensino de Química, que são apresentados no Livro do Estudante.
6.1.9	apresenta o componente curricular Química, em suas orientações pedagógicas para o professor, no contexto da área das Ciências da Natureza, ressaltando as relações e congruências com noções, conceitos e situações também abordadas em outros componentes curriculares do Ensino Médio.
6.1.10	apresenta uma proposta pedagógica que compreende o papel mediador do professor de Química, assumindo sua especificidade e a condução das atividades didáticas numa perspectiva de rompimento com visões de ciência meramente empiristas e indutivistas.
6.1.11	oferece diferentes possibilidades de leitura de literatura de ensino de Química, ao professor, com problematizações a respeito do processo ensino e aprendizagem, bem como sugestões de atividades pedagógicas complementares.
6.1.12	explicita, em relação à experimentação, alertas claros sobre a periculosidade dos procedimentos propostos, bem como oferece alternativas na escolha dos materiais para os experimentos. É necessário, também, que haja proposta de atividades experimentais complementares.

ANEXO C – Proposta de experimentação dos LDQ 4, 9 e 13.

Atividade experimental

Um método de análise da gasolina

Como saber quanto álcool está misturado à gasolina?

Objetivo

Utilizar modelos de interações moleculares para explicar solubilidade da gasolina e do etanol em água.

Material por equipe

- 2 tubos de ensaio
- 1 proveta de 100 mL com tampa de vidro
- 50 mL de gasolina
- solução aquosa de cloreto de sódio a 10% em massa

ATENÇÃO!

O material deve ser manipulado distante de qualquer tipo de chama e em local arejado.

A gasolina é formada por várias substâncias tóxicas. Não inale seus vapores e evite contato com a pele.



Na proveta, são colocados 50 mL de gasolina.

Equipamentos de segurança

Avental de algodão, luvas de borracha e óculos de segurança.

Procedimento

Parte A – Análise da solubilidade da gasolina e do etanol em água

1. Coloque aproximadamente 2 mL de água em dois tubos de ensaio distintos.
2. A cada um dos tubos adicione entre 15 e 20 gotas de gasolina e, ao outro, a mesma quantidade de álcool etílico.
3. Registre suas observações.
4. Sugira um procedimento que permita avaliar qualitativamente a solubilidade do etanol em gasolina e execute-o.

Parte B – Análise da gasolina

1. Coloque 50 mL de gasolina em uma proveta de 100 mL.
2. Coloque 50 mL de solução aquosa de cloreto de sódio em outra proveta de 100 mL.
3. Transfira os 50 mL de solução aquosa de cloreto de sódio para a proveta contendo gasolina.
4. Caso possua tampa, tampe a proveta e agite seu conteúdo, girando-a de cabeça para baixo várias vezes. Caso não possua, utilize um bastão de vidro para misturar as fases. Muito cuidado para evitar escoamento e perda de líquido.

Resíduos

A fase de gasolina pode ser armazenada em frasco rotulado e utilizada em outras atividades experimentais. Diluir a fase aquosa e despejar o líquido na pia.

Análise e discuta

1. Pesquise a estrutura do etanol e dos principais componentes da gasolina e sugira uma explicação para os testes de solubilidade realizados na parte A.
2. O experimento realizado na parte B é chamado “teste da proveta” e é utilizado para determinar o teor de etanol na gasolina. Explique o funcionamento do teste.
3. Explique por que para realizar o teste da proveta deve-se utilizar solução aquosa de NaCl e não água destilada.
4. A gasolina comercializada no Brasil apresenta um teor de álcool etílico (etanol) variando entre 18% e 27% em volume, sendo o limite máximo atual estabelecido em 27% pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Discuta se a gasolina analisada atende a essa especificação.