

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**KARINA CAIXETA SCALCO**

**ESTUDO DAS REPRESENTAÇÕES SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS NOS  
LIVROS DIDÁTICOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O PROCESSO DE  
APRENDIZAGEM**

**Alfenas/MG  
2014**

**KARINA CAIXETA SCALCO**

**ESTUDO DAS REPRESENTAÇÕES SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS NOS  
LIVROS DIDÁTICOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O PROCESSO DE  
APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Química - Área de concentração “Química Inorgânica”, pelo Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Alfenas.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Márcia Regina Cordeiro

Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Keila Bossolani Kiill

**Alfenas/MG  
2014**

Scalco, Karina Caixeta.

Estudos das representações sobre ligações químicas nos livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem. / Karina Caixeta Scalco. - 2014.

179 f. -

Orientadora: Márcia Regina Cordeiro.  
Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2014.  
Bibliografia.

1. Livros didáticos. 2. Imagens, ilustrações, etc. 3. Ligações químicas. 4. Semiótica. I. Cordeiro, Márcia Regina. II. Título.

CDD: 546

**KARINA CAIXETA SCALCO**

ESTUDO DAS REPRESENTAÇÕES SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS NOS  
LIVROS DIDÁTICOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O PROCESSO DE  
APRENDIZAGEM

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova a  
Dissertação apresentada como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Mestre em  
Química pela Universidade Federal de Alfenas.  
Minas Gerais. Área de concentração: Química  
Inorgânica.

Aprovada em:

Profa. Márcia Regina Cordeiro  
Instituição: Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG

Assinatura: 

Prof. Luiz Henrique Ferreira  
Instituição: Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Assinatura: 

Prof. Gabriel Gerber Hornink  
Instituição: Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG

Assinatura: 

Aos meus pais, em especial, por todo apoio e companheirismo na realização deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois somente por sua vontade e permissão consegui alcançar mais esta vitória. “(...) Ao Deus único sejam honra e glória para todo sempre” (1 Timóteo 1.17).

Às minhas queridas professoras orientadoras, Keila Bossolani Kiill e Márcia Regina Cordeiro. Obrigada pela oportunidade de trabalhar com vocês, pela amizade e pela dedicação em todo este tempo, foi muito importante. Obrigada por me ensinar os caminhos da pesquisa e do ensino e por contribuírem para meu aprendizado.

Ao Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Alfenas, por todo suporte durante estes anos, proporcionando o desenvolvimento do meu trabalho.

Ao professor Ronaldo Auad da Universidade Federal de Alfenas, muito obrigada por sua atenção e por toda ajuda com a teoria da Semiótica. Seu conhecimento e disponibilidade foram essenciais para a discussão deste trabalho.

Aos professores Dr. Gabriel Gerber Hornink e Dr. Luciano Sindra Virtuoso, por todas as sugestões apresentadas no exame de qualificação que muito contribuíram para este trabalho.

Aos meus amigos que sempre estiveram presente, por todo companheirismo e amizade durante este tempo. Em especial à Gabi, Bia, Lissara, Carla, Rafa e Marina, vocês foram essenciais nessa caminhada.

Ao amigo Luiz Guilherme Basílio de Novais, obrigada pelo auxílio na elaboração das imagens propostas neste trabalho.

Aos meus queridos pais, Carlos e Seila. Obrigada por todo o cuidado e dedicação, por fazerem, indiretamente, meus sonhos se realizarem. Obrigada por todo carinho, amor e companheirismo. Vocês foram responsáveis por eu chegar até aqui e eu agradeço de todo coração. Amo muito vocês!

Aos meus irmãos queridos, Lucas, Thiago e Eilien e também ao pequeno Estêvão, meu lindo sobrinho que alegrou o final deste mestrado. Vocês são meu suporte, minha alegria. Obrigada pela força e por estarem presentes em toda esta caminhada. Amo muito vocês!

## RESUMO

O livro didático vem sendo amplamente estudado por diversos pesquisadores a fim de se compreender como esta ferramenta didática tem sido utilizada no ensino, bem como seu potencial para auxiliar a aprendizagem. Este instrumento didático é composto por textos escritos e imagens, os quais podem interferir como mediadores no processo de aprendizagem. Ressalta-se a importância do uso das imagens no ensino de química, considerando a função essencial das representações no processo de aprendizagem dos conteúdos dessa área em específico. As representações facilitam a compreensão dos sistemas simbólicos por parte dos alunos e, portanto, faz-se necessário que estas sejam bem compreendidas e interpretadas. Este trabalho teve como foco a análise das imagens presente nos livros didáticos de química aprovados pelo PNLEM/2012, referente aos capítulos sobre ligações químicas. As imagens foram identificadas e analisadas quanto às dimensões do conhecimento químico propostas por Johnstone, os elementos constituintes destas representações e também o grau de relações presentes entre as imagens e seus respectivos textos. Em seguida, analisou-se as imagens a partir da semiótica peirceana, de acordo com a Primeiridade, Secundidade e Terceiridade propostas em seus estudos. Os resultados encontrados permitem dizer que quando a imagem representa os três aspectos do conhecimento químico, juntamente com a presença de etiquetas e legendas podem auxiliar a compreensão do que está sendo representado, principalmente quando estas estão diretamente relacionadas ao texto. Quanto à análise semiótica, foi possível perceber que, para que o aluno compreenda o que está sendo representado na imagem e chegue a uma generalidade dos conceitos envolvidos (Terceiridade), este precisa ter um bom inventário químico, que são conhecimentos anteriores necessários para compreensão do novo conhecimento, onde este possibilitará uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos.

**Palavras-chave:** Livros didáticos, Imagens, Ligações Químicas, Semiótica Peirceana.

## ABSTRACT

The textbook has been extensively studied by many researchers in order to understand how this teaching tool has been used in teaching as well as its potential to assist learning. This teaching tool is composed of written texts and images, which can interfere as mediators in the learning process. We emphasize the importance of the use of images in teaching chemistry, considering the essential role of the representations in the learning process of the contents of this specific area. Representations facilitate the understanding of symbolic systems by the students, and therefore it is necessary that they are well understood and interpreted. This paper focuses on the analysis of images in textbooks of chemistry approved by PNLEM/2012, referring to the chapters on chemical bonds. The images were identified and analyzed as to the dimensions of chemical knowledge proposed by Johnstone, the constituent elements of these performances and also the degree of relationship between the images and present their respective texts. Then analyzed the images from Peircean semiotics, according to Firstness, and secondness thirdness proposals in their studies. Our results say that when the image represents the three aspects of chemical knowledge, along with the presence of labels and captions may help the understanding of what is being represented, especially when they are directly related to the text. As for semiotic analysis, it was revealed that for the student understands what is being depicted in the image and reach a majority of the concepts involved (Thirdness), this need has good chemical inventory, which are prior knowledge required for understanding the new knowledge, where it will enable a better understanding of the concepts involved.

**Keywords:** Textbook, Pictures, Chemical Bonds, Peircean Semiotics.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	-	Relação de um signo entre três polos.....	21
Figura 2	-	Processo de interpretação do signo.....	24
Figura 3	-	Modelo de uma tabela utilizada para categorização e quantificação das imagens.....	45
Figura 4	-	Exemplos de três misturas para explicar conceitos de solubilidade e polaridade.....	47
Figura 5	-	Rede cristalina iônica do cloreto de sódio, NaCl.....	51
Figura 6	-	Representação da forma estrutural da propanona e do propanal.....	54
Figura 7	-	(a) Representação gráfica da quantidade de imagens em relação ao aspecto dimensional representada em cada livro didático; (b) Total de imagens em relação ao aspecto dimensional representada.....	60
Figura 8	-	Representações gráficas das quantificações dos tipos de imagens relacionadas às dimensões do conhecimento químico.....	62
Figura 9	-	Representação de uma imagem que possui etiqueta do tipo nominativa.....	67
Figura 10	-	Imagem que apresenta etiqueta do tipo relacional.....	69
Figura 11	-	Representação de uma imagem sem a presença de etiquetas.....	70
Figura 12	-	Representação de uma imagem e seu texto que apresentam etiquetas, legenda e possui relação direta ao texto.....	71
Figura 13	-	Representação de uma imagem que apresenta relação direta com o texto.....	73
Figura 14	-	Exemplo de uma imagem com relação indireta com o texto.....	75
Figura 15	-	Exemplo de uma imagem não relacionada ao texto.....	77
Figura 16	-	Correlação entre os aspectos dimensionais do conhecimento químico e as relações das imagens com o texto (direta, indireta e não relacionada, respectivamente de dentro para fora).....	80
Figura 17	-	Exemplo de imagem e texto que representam o conteúdo de Polaridade da ligação covalente.....	82
Figura 18	-	Representação de uma imagem e texto que explicam a ligação iônica.....	84
Figura 19	-	Representação de uma imagem e texto que explicam a ligação covalente...	86

Figura 20 -	Representação de uma imagem e texto que explicam a ligação metálica.....	88
Figura 21 -	Imagens que representam o modelo de ligação metálica nos livros B (a), C (b), D (c) e E (d).....	91
Figura 22 -	Imagens que representam a formação de uma ligação covalente nos livros A (a), B (b), C (c), D (d) e E (e).....	92
Figura 23 -	Imagens selecionadas para realização da atividade 1 referentes à: (a) ligação iônica, (b) ligação metálica e (c) ligação covalente.....	101
Figura 24 -	Gráfico representando a categorização das duas turmas participantes.....	106
Figura 25 -	Imagem representando o experimento para solubilidade e polaridade.....	128
Figura 26 -	Representação da interação entre as substâncias água e tetracloreto de carbono.....	130
Figura 27 -	Representação da interação entre as substâncias água, tetracloreto de carbono e sulfato de cobre.....	131
Figura 28 -	Representação da interação entre as substâncias água, tetracloreto de carbono iodo.....	133

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Categorias de Peirce relacionadas em tricotomias.....	22
Tabela 2	-	Níveis do conhecimento químico e suas relações à semiótica peirceana...	25
Tabela 3	-	Categorização das imagens realizada por dois avaliadores.....	33
Tabela 4	-	Livros didáticos de Química selecionados aprovados no PNLEM/2012.	34
Tabela 5	-	Distribuição das imagens nos livros didáticos de Química aprovados no PNLEM/2012 para o conteúdo de ligação química.....	41
Tabela 6	-	Distribuição de imagens em relação ao tipo.....	43
Tabela 7	-	Exemplos de imagens dos diversos tipos considerando o aspecto dimensional que representam.....	56
Tabela 8	-	Dimensões do conhecimento químico relacionados aos tipos de imagens.....	61
Tabela 9	-	Exemplos dos tipos de legendas que acompanham as imagens.....	64
Tabela 10	-	Quantificação dos tipos de legendas presentes nas imagens analisadas.....	66
Tabela 11	-	Categorização e quantificação das imagens em relação à presença de etiquetas.....	70
Tabela 12	-	Categorização e quantificação das imagens quanto as suas relações com o texto.....	77
Tabela 13	-	Correlação entre as dimensões do conhecimento químico e suas relações com o texto.....	79
Tabela 14	-	Imagens dos tipos de ligações químicas em diferentes níveis de profundidade.....	95
Tabela 15	-	Classificação das respostas dos alunos quanto às categorias fenomenológicas de Peirce (TURMA A).....	105
Tabela 16	-	Classificação das respostas dos alunos quanto às categorias fenomenológicas de Peirce (TURMA B).....	106
Tabela 17	-	Classificação das respostas dos alunos quanto às categorias fenomenológicas de Peirce – Atividade 2 (TURMA A).....	119
Tabela 18	-	Classificação das respostas dos alunos quanto às categorias fenomenológicas de Peirce – Atividade 2 (TURMA B).....	120

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	USO DAS IMAGENS NO ENSINO.....	16
1.2	DIMENSÕES DO CONHECIMENTO QUÍMICO.....	19
1.3	A SEMIÓTICA PEIRCEANA NO ESTUDO DAS IMAGENS.....	21
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	26
<b>3</b>	<b>QUESTÃO DE PESQUISA E METODOLOGIA</b> .....	29
3.1	QUESTÃO DE PESQUISA.....	29
3.2	METODOLOGIA.....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
4.1	SELEÇÃO DOS LIVROS E CAPÍTULOS A SEREM ANALISADOS.....	41
4.2	CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS DOS CAPÍTULOS SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS.....	43
4.3	CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO QUANTO AOS ASPECTOS DIMENSIONAIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO DAS REPRESENTAÇÕES VISUAIS SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS.....	46
<b>4.3.1</b>	<b>Aspecto macroscópico</b> .....	46
4.3.1.1	Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio.....	49
<b>4.3.2</b>	<b>Aspecto submicroscópico</b> .....	50
4.3.2.1	Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio.....	52
4.3.2.2	Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino superior.....	52
<b>4.3.3</b>	<b>Aspecto simbólico</b> .....	53
4.3.3.1	Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio.....	55
4.4	CATEGORIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO QUANTO À PRESENÇA E PROPRIEDADES DAS LEGENDAS.....	63
4.5	CATEGORIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO QUANTO À PRESENÇA E PROPRIEDADES DE ETIQUETAS/RÓTULOS.....	67
<b>4.5.1</b>	<b>Etiqueta nominativa</b> .....	67
4.5.1.1	Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio.....	68
<b>4.5.2</b>	<b>Etiqueta relacional</b> .....	68
<b>4.5.3</b>	<b>Sem etiqueta</b> .....	69
4.6	CATEGORIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS IMAGENS QUANTO ÀS SUAS RELAÇÕES COM O TEXTO.....	72
<b>4.6.1</b>	<b>Relação direta</b> .....	72
4.6.1.1	Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio.....	73

<b>4.6.2</b>	<b>Relação indireta.....</b>	<b>74</b>
4.6.2.1	Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio.....	75
4.6.2.2	Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino superior.....	76
<b>4.6.3</b>	<b>Não relacionada.....</b>	<b>76</b>
4.7	CORRELAÇÃO ENTRE DIMENSÕES DO CONHECIMENTO QUÍMICO E A RELAÇÃO DAS IMAGENS COM O TEXTO.....	78
4.8	ESTUDO SEMIÓTICO DAS IMAGENS PRESENTES NOS CAPÍTULOS SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS.....	80
4.9	ESTUDO SEMIÓTICO RELACIONADO AOS ASPECTOS DIMENSIONAIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO.....	83
<b>4.9.1</b>	<b>Ligação iônica.....</b>	<b>84</b>
<b>4.9.2</b>	<b>Ligação covalente.....</b>	<b>86</b>
<b>4.9.3</b>	<b>Ligação metálica.....</b>	<b>88</b>
4.10	COMPARANDO AS IMAGENS PARA O CONTEÚDO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS.....	90
4.11	ATIVIDADE REALIZADA NO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO – ESCOLA ESTADUAL EMÍLIO DA SILVEIRA.....	101
<b>4.11.1</b>	<b>Primeira atividade: Interpretação da imagem em si.....</b>	<b>108</b>
4.11.1.1	Primeira atividade: Ligação Iônica.....	108
4.11.1.2	Primeira atividade: Ligação Covalente.....	112
4.11.1.3	Primeira atividade: Ligação Metálica.....	115
<b>4.11.2</b>	<b>Segunda atividade: Interpretação da imagem juntamente com o texto que a acompanha.....</b>	<b>117</b>
4.11.2.1	Segunda atividade: Ligação Iônica.....	120
4.11.2.2	Segunda atividade: Ligação Covalente.....	123
4.11.2.3	Segunda atividade: Ligação Metálica.....	125
<b>5</b>	<b>PROPOSTA DE IMAGEM PARA O ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>128</b>
5.1	PRIMEIRA PROVETA: ÁGUA E TETRACLORETO DE CARBONO.....	130
5.2	SEGUNDA PROVETA: ÁGUA E TETRACLORETO DE CARBONO COM ADIÇÃO DE SULFATO DE COBRE.....	131
5.3	TERCEIRA PROVETA: ÁGUA E TETRACLORETO DE CARBONO COM ADIÇÃO DE IODO.....	132
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>135</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>137</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>143</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>145</b>

Estudo semiótico das representações sobre ligações químicas em livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem

Introdução

Questão de Pesquisa e Metodologia

Resultados e Discussão

Proposta de imagem para o Ensino Médio

- Funções do Livro didático.
- Constituição básica de um Livro didático.
- PNLEM.
- Uso das imagens no Ensino.
- Dimensões do Conhecimento Químico.
- A Semiótica Peirceana no estudo das Imagens.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores de grande importância para o desenvolvimento do indivíduo é a sua inserção no processo de aprendizagem ao longo de sua vida escolar. A aprendizagem vem sendo compreendida por um processo que envolve muitos fatores, dentre os quais se destaca a importância da interação entre o aluno e o professor, entre alunos, entre o contexto em que estes estão inseridos e também com os instrumentos utilizados nos processos de ensino e aprendizagem que se tem acesso. Entre esses instrumentos se encontram os símbolos e signos matemáticos, representações gráficas e o texto em sua linguagem natural, reunidos então nos livros didáticos (GARCIA e PALACIOS, 2006).

O livro didático (LD) tem sido um dos instrumentos mais utilizados em sala de aula pelos professores como ferramenta para o ensino, sendo apontado como importante fonte de informação e conhecimento no espaço escolar (ECHEVERRÍA et al., 2011). O livro pode ser compreendido pelas seguintes palavras:

A palavra “livro” tem origem no Latim “*liber*”, que designa a camada de tecido abaixo da casca das árvores, por onde a seiva flui. Pode-se, então, compreendê-lo como um produto intelectual, que encerra conhecimentos (seiva) individuais ou coletivos que devem ser divulgados (fluir), para que possam ser utilizados (ECHEVERRÍA et al., 2011, p.263-264).

O livro então encerra conhecimentos que são organizados de forma a serem utilizados pelo indivíduo no seu processo de ensino e aprendizagem. É um produto elaborado para o consumo humano e para tal apresentam textos escritos, imagens, gráficos, os quais podem interferir como mediadores no processo de aprendizagem.

Cabe ressaltar que a partir de 2004, os LD's foram distribuídos aos alunos do Ensino Médio público de todo país. Isto surge por meio da Resolução nº 38 do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), em que se criou o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Este programa tem como objetivo principal democratizar o acesso ao livro didático e promover a melhoria da qualidade do ensino.

A princípio, este programa atendeu 1,3 milhão de alunos do primeiro ano do ensino médio de 5.392 escolas das regiões Norte e Nordeste, distribuindo 2,7 milhões de livros de português e matemática. Em 2006 o programa universalizou essa distribuição para todo o ensino médio. Em 2008, os livros de Química chegaram às escolas depois de serem

escolhidos pelos professores e adquiridos pelo Ministério da Educação em processo de seleção do PNLEM/2007 (BRASIL, 2009; BRASIL, 2007).

Para Choppin (2004), existem quatro funções essenciais de um LD, as quais são: função referencial, instrumental, ideológica/cultural e documental. Como função referencial, entende-se a chamada curricular ou programática, suporte de conteúdos educativos. A função instrumental é compreendida como os métodos de aprendizagem que o livro põe em prática, os exercícios e as atividades, com intuito de favorecer a aquisição do conhecimento. A função ideológica e cultural entende o livro como um dos vetores essenciais da língua e da cultura. Sob os aspectos documentais, o livro pode fornecer um conjunto de documentos, textuais ou icônicos. Assim, o LD tem a finalidade de “apresentar uma proposta pedagógica dos conteúdos selecionados no vasto campo do conhecimento em que se insere na área do saber.” (ECHEVERRÍA et al., 2011, p. 267).

Isso confere ao LD um papel de prover informação científica, organizando os conteúdos de forma a ser uma ferramenta que possa mediar o processo de aprendizagem. Ele provê uma formação pedagógica para os professores e a gestão das aulas.

O LD tem assumido uma importância fundamental nas ações educativas, contribuindo assim para a construção do conhecimento à medida que corrobora no entendimento dos conteúdos, mais especificamente dos conteúdos químicos. É tido pelo professor, muitas vezes, como um referencial para a abordar tais conteúdos, exemplos utilizados em sala de aula e problemas propostos (LEMES et al.; 2010).

Diante das várias funções observadas aqui, é preciso compreender também que o LD não é o único instrumento no processo educativo. Diferentes instrumentos podem ser usados no ensino, onde a relação entre estes e o texto didático pode ser de complementaridade (CHOPPIN, 2004).

O LD é um material constituído por uma sequência de textos, imagens e exercícios. Diante de sua importância no ensino, há uma preocupação com sua qualidade, no sentido de que este não se fundamente apenas nessa sequência tradicional dos conteúdos, mas que apresente alterações estruturais e metodológicas a fim de que, cada vez mais, esta sequência de conteúdos, juntamente com as atividades de ensino, possam contribuir para uma aprendizagem dita significativa (MORTIMER e SANTOS, 2008).

Nesse sentido, é importante que se destaque a influência das representações visuais (imagens) presentes nos textos didáticos para a compreensão dos textos escritos, tais como a linguagem natural, os símbolos e signos matemáticos, por exemplo (GARCIA e PALACIOS,



2006). Considerando especificamente o ensino de Química, as imagens desempenham um papel substancial para a compreensão daquilo que se deseja explicar por ser a Química uma ciência de natureza abstrata. Muitas vezes os conceitos não se estabelecem na própria teoria. A compreensão de conceitos e fenômenos pode ser então potencializada pelos aspectos atribuídos às imagens e o que estas comunicam (CARNEIRO, 1997 *apud* SILVA et al, 2006).

Portanto, o uso de imagens, então, tem sido uma área muito estudada por pesquisadores de educação em Química, considerando a função essencial das representações no processo de aprendizagem dos conteúdos desta área em específico. As representações pictóricas facilitam a compreensão dos sistemas simbólicos por parte dos alunos e, portanto, faz-se necessário que estas sejam bem compreendidas e interpretadas, não podendo ser desprezadas, para que possam auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem (SILVA et al, 2011).

## 1.1 USO DAS IMAGENS NO ENSINO

Os materiais didáticos utilizados em sala de aula tem se tornado alvo de estudos de muitos pesquisadores da área de Educação Química quanto aos aspectos que contribuem para o conhecimento químico. Especificamente falando do livro didático, as discussões têm levado em consideração o papel das imagens no processo de aprendizagem, tornando-as constantes objetos de estudos.

Pesquisadores na área de Química concordam que as imagens devem acompanhar os textos didáticos e estas devem contribuir com a aprendizagem, a compreensão de conceitos científicos e, promover a imaginação e o raciocínio (OTERO et al, 2003; OTERO et al, 2002).

Outros evidenciam a importância das representações visuais enquanto instrumento colaborativo no trabalho dos docentes (GARCIA e PALACIOS, 2006; FANARO et al, 2005; MARTINS et al, 2005, SILVA et al, 2011).

Para Wu e colaboradores (2001), as representações elaboradas em programa computacional (com simulações em mais de uma dimensão representacional) facilitam a compreensão dos conteúdos químicos. Como Góis e Giordan (2007) apontam em seu trabalho, as representações podem ser mediadas por recursos gráficos oferecidos pelo computador, onde “a relação entre os signos e seus objetos, em algumas dimensões da realidade química, pode ser profundamente modificada” (p. 40). Estes autores concordam

com Wu e colaboradores (2001) ao afirmarem que os recursos computacionais de simulação de imagens e simulação podem auxiliar na construção do conhecimento na sala de aula de Química.

Silva e colaboradores (2011) concluíram em seu trabalho que a Química é uma ciência que utiliza diversas representações para comunicação. Estas imagens devem ser cuidadosamente utilizadas, principalmente nos livros didáticos, para que apresentem uma relação consistente com o texto principal. Apontam também a importância da função do professor nesse processo, sendo ele um facilitador da aprendizagem devido a sua maior habilidade ao ver as representações.

Lemes e colaboradores (2010) também sustentam a ideia de que as imagens desempenham importante papel no ensino de química, mas em seu trabalho, ao analisarem o conceito de dissolução, presente nos livros didáticos aprovados pelo PNLEM/2008, concluem que a quantidade de imagens presentes em um livro didático não determina uma facilitação na compreensão dos conceitos abordados, visto que muitas das imagens analisadas apresentaram inadequações conceituais.

Por exemplo, num determinado livro, havia uma figura sobre a dissolução do etanol em água, mas não havia nenhum texto explicativo relativo à figura. Além disso, consideraram que a interação representada pode gerar uma concepção inadequada acerca do referido processo, visto que a molécula de água não interagia com a molécula de etanol na representação proposta no LD.

Nesse sentido, quantidade de imagens presentes em um livro didático não é um fator determinante para uma melhor compreensão dos conceitos abordados, visto que muitas das imagens analisadas apresentaram inadequações conceituais. Assim, deve-se levar em consideração aquela que contempla mais fielmente os conceitos relacionados ao conteúdo em questão, observando as limitações presentes em cada imagem.

O estudo de García e Palacios (2006) faz uma abordagem de quais são as representações mais utilizadas pelos professores de Química em sala de aula e também a frequência com que são propostas. As representações foram categorizadas quanto ao uso de textos, gráficos, diagramas e equações.

Em suas conclusões, observou-se que as preferências por determinadas representações em detrimento de outras podem influenciar o que os alunos vão aprender, de modo que nem sempre eles têm contato com todas as representações existentes de determinado conteúdo.

Nesse sentido, recomendam que os professores utilizem uma variedade maior de representações em sala de aula para que seja ampliada a oportunidade de aprendizagem.

Otero e colaboradores (2002) investigam acerca das imagens utilizadas em livros didáticos de Física e afirmam que poucos são os livros em que as imagens estão relacionadas inteiramente com os textos e os alunos precisam de ajuda para lerem as imagens presentes nestas obras. Assim, pode-se dizer, como Silva e colaboradores (2006), que o professor tem importante papel no processo de compreensão dos recursos visuais, onde estes quando bem relacionados com o texto e bem explicados podem favorecer a compreensão dos conteúdos estudados.

Compreendendo a imagem como uma ferramenta no ensino e se atentando para os diversos trabalhos que apontam o seu uso em sala de aula, é preciso entender qual é realmente o papel da imagem no processo de aprendizagem de conteúdos químicos.

Segundo Gibin e Ferreira (2013), ao considerar o papel da imagem, sabe-se que esta pode apresentar vários significados, os quais dependem da área do conhecimento em questão. Sebata (2005) aponta que, no âmbito científico, estas podem representar graficamente os fenômenos, muitas vezes na tentativa de representar e explicar a realidade, portanto, sua função vai além do papel ilustrativo.

Dentre esses conceitos atribuídos às imagens, sabe-se que estes dependem da área onde esta é objeto de estudo, indo de artistas plásticos a educadores (SEBATA, 2005). Perales (2008) aborda em seu trabalho que a imagem tem distintas formas e utilizações na educação. Este autor apresenta um mapa conceitual em que mostra as características que dividem o papel da imagem em formal e informal na educação científica.

A informal está relacionada a televisão, a formal se subdivide em: a. livros didáticos e atividades em aulas, b. natureza do conhecimento (representação gráfica e modelização). Pensando nessa divisão, a imagem presente nos livros didáticos tem importante papel na compreensão do conteúdo o qual ela acompanha. Isso ocorre quando esta imagem não tem apenas um papel ilustrativo, como aponta Sebata (2005), mas sim quando ela tem uma relação com o texto, de forma a auxiliar sua interpretação.

Costa (2005) *apud* Gibin e Ferreira (2013) coloca que existem diferentes meios de se utilizar uma imagem no ensino, que são: uso ilustrativo, elemento mobilizador de um grupo em torno de um determinado assunto, exercícios de aplicação e fixação de conceitos, avaliação e trabalhos interdisciplinares.

A maneira como o professor utilizará estas imagens depende dos objetivos pedagógicos que este tem, bem como suas concepções sobre o conhecimento em questão. Pensando no papel pedagógico da imagem, muitas vezes esta pode estar empregada nos livros didáticos para preencher as páginas, de modo que não apresentam contribuição em sua compreensão.

## 1.2 DIMENSÕES DO CONHECIMENTO QUÍMICO

Para que haja entendimento do conhecimento químico, abordando aqui as ligações químicas, é preciso compreender os três níveis tratados por Mortimer e colaboradores (2000), o fenomenológico, o representacional e o teórico. Estes são atribuídos primeiramente por Johnstone (2000) como macroscópico, simbólico e submicroscópico, este último, atualmente rediscutido por Talanquer (2011) como nanoscópico.

O aspecto macroscópico diz respeito aos fenômenos concretos e visíveis, o aspecto submicroscópico relaciona-se a informações de natureza abstrata envolvendo átomos e moléculas, o aspecto simbólico envolve os conteúdos de natureza simbólica, envolvendo fórmulas, equações químicas, representações dos modelos e gráficos (JOHNSTONE, 2000; TABER, 2013).

A representação visual pode favorecer a compreensão daquilo que ocorre no nível submicroscópico, auxiliando na descrição, explicação e exploração dos fenômenos e conceitos abstratos, como por exemplo, para o conceito de ligação química. Pode-se dizer que a apropriação de imagens pode ser um recurso facilitador para a aprendizagem. Para isso, a utilização apropriada destas constitui uma parte significativa do conhecimento químico por ser uma ciência que trata da matéria em escala submicroscópica.

Os três aspectos atribuídos por Johnstone formam um triângulo equilátero, onde cada aspecto ocupa um vértice deste triângulo. Ele aponta em seu trabalho (JOHNSTONE, 2006) a importância de se iniciar o estudo de qualquer conteúdo químico pelo aspecto macroscópico, onde posteriormente transita-se pelo aspecto submicroscópico e simbólico. Assim, o processo de aprendizagem torna-se favorável, pois o aluno tende a relacionar o que é 'visível' ao que não é visível. Nesse sentido, quando a movimentação por este triângulo se dá desta forma, a aprendizagem pode se tornar satisfatória.

Johnstone (2000) propõe o “Modelo de processamento de informações”. Este modelo tenta compreender como se dá o processo de aprendizagem de um novo conteúdo, onde o novo conhecimento que é apresentado ao aluno passa por um filtro, o qual é controlado pela memória de longo prazo que o aluno possui.

O filtro julga aquilo que é familiar, interessante e estimulante para o aluno, onde o que é familiar, por exemplo, será relacionado com aquilo que o aluno já sabe, e isto influenciará a aprendizagem. O material filtrado entra no espaço de trabalho, que é uma parte consciente da mente, onde o aluno tenta encontrar algum sentido para o novo conhecimento, reordenando-o e associando-o com o que ele recuperou da memória de longo prazo. Assim, o material é preparado para ser armazenado, ou se for considerado não importante, é rejeitado, esquecido.

O espaço de trabalho tem duas funções: manter o material de entrada e processá-lo, tendo uma capacidade limitada. Quando este espaço está muito cheio de informações novas, há uma diminuição na capacidade de processamento, o que pode gerar dificuldade na compreensão do novo conhecimento.

Este modelo pode explicar porque muitas vezes os alunos têm dificuldades com a aprendizagem de ciências, onde esta possui uma linguagem que exige muito processamento e, conseqüentemente, gera dificuldade na aprendizagem. Nesse momento, diz-se de grande importância a integração do aluno no que diz respeito à linguagem científica, o que diminuiria o processamento no espaço de trabalho. Considera-se neste momento que muitos conceitos químicos são estabelecidos pelo aspecto submicroscópico do conhecimento químico. Se este aspecto não for trabalhado a partir do aspecto macroscópico, há grande possibilidade deste espaço de trabalho se sobrecarregar (JOHNSTONE, 2000).

No que concerne às ligações químicas, o uso de imagens pode favorecer a compreensão dos conceitos envolvidos neste conteúdo, pois muitos são estabelecidos a partir do aspecto submicroscópico. As imagens podem representar muitos modelos que explicam as ligações químicas (iônica, metálica e covalente), os quais corroboram com a exploração deste conceito.

### 1.3 A SEMIÓTICA PEIRCEANA NO ESTUDO DAS IMAGENS

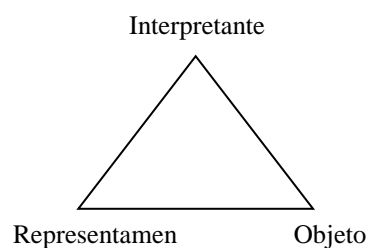
Conhecendo o valor das representações no ensino de Química, é relevante o estudo sobre a ciência chamada Semiótica. Esta tem por objeto de investigação todas as linguagens possíveis, ou seja, que tem por objetivo o exame dos modos de constituição de todo e qualquer fenômeno como fenômeno de produção de significação e de sentido (SANTAELLA, 2008a).

A palavra semiótica vem do termo grego *semeion*, que quer dizer signo. Charles S. Peirce foi um dos precursores da ciência dos signos. Sua teoria aborda a particularidade essencial de um signo, que está no fato dele estar ali, presente, para designar ou significar outra coisa, ausente, concreta ou abstrata (JOLY, 2008).

Considerando a existência de muitos autores filósofos que estudaram a semiótica, a escolha por Peirce, o filósofo estadunidense, se deu pelo fato de sua teoria apresentar relações com a lógica da ciência, sendo esta baseada em tríades, a qual se aproxima da química no fato desta ciência também considerar o efeito das relações triádicas em todo seu campo de conhecimento (SOUZA, 2012).

Peirce (2008) caracterizou a semiótica como a teoria geral dos Signos. Para ele, representar significava “estar em lugar de, isto é, estar numa tal relação com o outro que, para certos propósitos, é considerado por alguma mente como se fosse esse outro” (p.61). Para Joly (2008) essa definição também mostra que um signo mantém uma relação entre três polos de um triângulo equilátero – a face perceptível do signo (*representamen*), o que ele representa (objeto) e o que significa (interpretante). Essa triangulação representa a dinâmica de qualquer signo como processo semiótico (FIGURA 1).

Figura 1 – Relação de um signo entre três polos.



Fonte: Do autor

Assim, Peirce (2008) propõe que o conhecimento se dá por uma tríade: fundamento (representamen), objeto e interpretante. Um signo, então, é tudo aquilo que representa algo para alguém, o que é representado denomina-se objeto, existindo concretamente ou não. É possível compreender que o processo de interpretação de um signo se dá pela relação dos vértices deste triângulo. Uma interpretação não se dá então, sem o signo. Qualquer coisa que substitui outra para algum intérprete é uma representação ou signo (SANTAELLA, 2008a).

Peirce, em sua teoria geral dos signos, propõe uma sequência importante para interpretação das imagens, referentes à Fenomenologia, Fundamento, Objeto e Interpretante. A Fenomenologia está relacionada à descrição e análise das experiências presentes no cotidiano do homem, tendo como tarefa levantar os elementos ou características que pertencem a todos os fenômenos e participam de todas as experiências. Os modos de operação do pensamento-signo que se processam na mente do homem estão relacionados em como os fenômenos aparecem à consciência, numa relação de categorias gerais. São elas as classificações dos signos: *Primeiridade*, relacionada à qualidade em si sem relação ao objeto; *Secundidade*, relacionada a relação do signo com um objeto e *Terceiridade*, relacionada a lei que regula a relação (SANTAELLA, 1983).

As categorias de Peirce se relacionam por meio de tricotomias gerais. A primeira tricotomia aborda a relação do signo consigo mesmo, por meio de uma qualidade, uma singularidade ou uma lei geral, chamados de *quali-signo*, *sin-signo* e *legi-signo*. A segunda tricotomia diz respeito à relação do signo com seu objeto, podendo o signo ser um *índice*, um *ícone* ou um *símbolo*. A terceira tricotomia relaciona o signo ao seu interpretante, podendo ser chamado de *rema*, *dicente* ou *argumento* (PEIRCE, 2008). A Tabela 1 mostra a relação desta classificação dos signos (SANTAELLA, 1983):

Tabela 1 - Categorias de Peirce relacionadas em tricotomias.

	<b>1ª tricotomia</b> Signo em sim mesmo	<b>2ª tricotomia</b> Signo com seu objeto	<b>3ª tricotomia</b> Signo com seu interpretante
Primeiridade	Quali-signo	Ícone	Rema
Secundidade	Sin-signo	Índice	Dicente
Terceiridade	Legi-signo	Símbolo	Argumento

Fonte: SANTAELLA, L. O que é a Semiótica. Coleção Pequenos Passos: 103 - Editora Brasiliense, 1983

A primeira tricotomia aborda os termos da primeira coluna da tabela acima. Um *quali-signo* se relaciona a qualidade do signo, não atuando como um signo até que este se corporifique. Um *sin-signo* corresponde ao signo no seu aspecto singular, só podendo ser

signo por meio de suas qualidades (quali-signo). Um legi-signo é todo signo convencional, do tipo geral, sendo uma lei.

A segunda tricotomia aborda os termos da segunda coluna da tabela acima. Um ícone é um signo que se refere a um objeto sendo capaz de ser um substituto para qualquer coisa com a qual se assemelhe; um índice é um signo que se refere a um objeto sendo afetado por este; um símbolo é um signo que se refere ao objeto num sentido de associação de ideias gerais fazendo que este seja interpretado como se referindo ao objeto.

A terceira tricotomia aborda os termos da terceira coluna da Tabela 1. Um rema é um signo que para o interpretante é uma possibilidade; um dicente é um signo que para o interpretante tem existência real e um argumento é um signo de lei, representando seu objeto em caráter de signo (PEIRCE, 2008).

Um signo não funciona como ‘signo’ se este não apresentar as relações abordadas nestas tricotomias. Como afirma Santaella (2005), “(1) Um signo é alguma coisa, qualquer coisa. É um aspecto de uma coisa, (1.1 seu fundamento), selecionada por um intérprete como uma espécie de hipótese (1.3 seu interpretante), a fim de identificar algo além do signo ele mesmo (1.2 seu objeto)” (p.44). Nesta relação, evidencia-se que cada intérprete utiliza-se do ‘signo’ de uma maneira particular. Há, portanto, de se conhecer como é o funcionamento do signo, a partir de seus objetos.

Um signo tem dois objetos e três interpretantes. Estes são: objetos imediato e dinâmico; interpretantes imediato, dinâmico e interpretante final. Considerando que um signo está sempre corporificado em alguma ‘coisa’, mesmo que esta seja sonhada, imaginada ou criada num pensamento abstrato, pode-se então compreender o que é o objeto do signo (SANTAELLA, 2005).

Um signo, segundo Santaella (1983), possui um objeto externo e um interno. O objeto externo está relacionado ao dinâmico e o interno ao imediato. Isso significa que o signo tem um modo de ação. A maneira como ele é representado externamente age no indivíduo como um objeto dinâmico, ou seja, a maneira como ele é determinado e ao qual ele se aplica. O intérprete, no entanto, deve estar familiarizado com o contexto ao qual este objeto está representado, visto que assim o signo poderá ser interpretado. Já o objeto imediato está relacionado a maneira como o objeto dinâmico se apresenta, ou seja, como ele é indicado e como é representado no próprio signo. Ele é interno ao signo e assim determina os limites do objeto dinâmico.

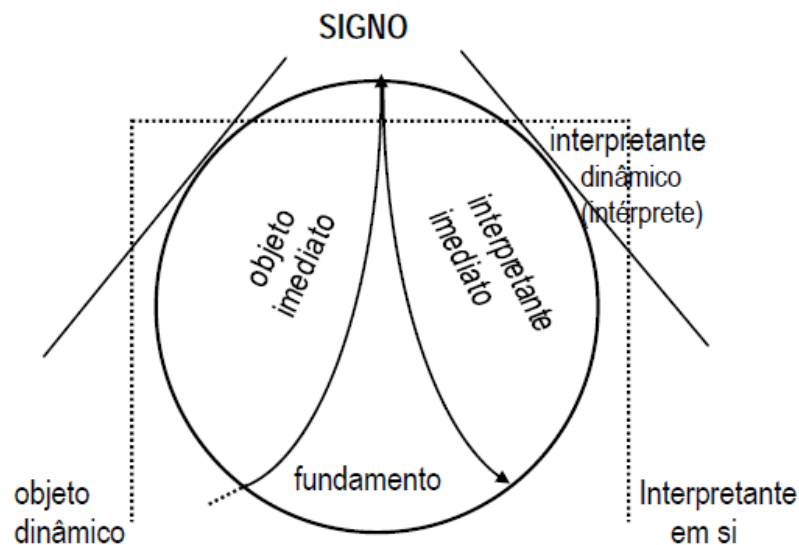


Em relação aos interpretantes do signo, sabe-se que estes são imediatos, dinâmicos e interpretante final. O interpretante imediato está relacionado àquilo que o signo pode produzir numa mente, sem ainda ter encontrado um intérprete. O interpretante dinâmico se relaciona ao que o signo produz na mente de seu intérprete. Este está relacionado, assim como o objeto dinâmico, àquilo que está fora do signo, onde representa o efeito que ele produz na mente interpretadora (SANTAELLA, 2005).

Um interpretante dinâmico tem um caráter inesgotável, pois este não se coloca apenas para uma mente interpretadora, sendo que em uma mesma mente pode produzir diversos efeitos. Assim, em cada mente o mesmo signo pode produzir efeitos totalmente distintos. No final deste processo, o interpretante final é concluído quando o signo é interpretado de maneira a produzir todos os objetos dinâmicos possíveis, de maneira exaustiva. Como isso não é possível, pois nenhuma mente é capaz de interpretar todas as possibilidades de um signo, diz-se que o interpretante final está sempre em progresso. Como a autora afirma, “estamos sempre no meio do caminho da interpretação de todo e qualquer signo” (SANTAELLA, 2005, p.49). Cabe dizer que mesmo nesse processo, os vários interpretantes dinâmicos que a mente cria não são aleatórios, mas conduzem ao crescimento e aparecimento de leis e ordem.

A Figura 2 representa o processo de interpretação do signo, proposto por Santaella (1983).

Figura 2 – Processo de interpretação do signo.



Fonte: SANTAELLA, L. O que é a Semiótica. Coleção Pequenos Passos: 103 - Editora Brasiliense, 1983

Observa-se que o objeto imediato, o qual está dentro do signo refere-se ao modo como o objeto dinâmico representa o signo. O interpretante imediato diz respeito àquilo que o signo consegue produzir em uma mente qualquer, a partir do objeto imediato. Aquilo que o signo consegue produzir nas mentes individualmente é chamado de interpretante dinâmico.

Relacionando a semiótica peirciana e as dimensões do conhecimento químico, Gois e Giordan (2007) apresentam em seu trabalho uma relação entre estas dimensões e os signos, de maneira a compreender a seguinte questão: “Considerando a dimensão simbólica, macroscópica e submicroscópica, quais são os tipos de relação semiótica que prevalecem entre os signos e seus objetos?”.

As relações encontradas mostram que o aspecto macroscópico do conhecimento químico está relacionado às palavras que constituem os signos a serem compartilhados pelo professor que se referem a este aspecto. Assim, são feitas referências indiciais, observando o que é concreto e real e também referências simbólicas que se referem ao virtual, construto teórico. O simbólico obtém significado do concreto, que é a forma de referência indicial.

O aluno progredirá no ensino quando depender menos das referências indiciais, onde estas se transformam em construtos teóricos e podem ser acessadas por referência simbólica. O aspecto submicroscópico se refere ao uso dos signos que resultam de uma composição de palavras, figuras, analogias e metáforas.

Utiliza-se de uma referência icônica onde se observa relação de semelhança entre o objeto de conhecimento e o signo apresentado aos estudantes. Há também o caráter simbólico quando se tenta fazer uma relação aos construtos formados na mente do aluno. O aspecto simbólico se refere ao signo utilizado pelo professor, como palavras, notações e equações. Existem nesse caso três tipos de referências semióticas: icônica (gráficos utilizados), indicial (utilização de letras para representar grandezas) e simbólico (conceitos e ideias já dominados pelos estudantes) (GOIS e GIORDAN, 2007). Abaixo, a Tabela 2 resume estas relações:

Tabela 2 – Níveis do conhecimento químico e suas relações à semiótica peirceana.

<b>Nível do conhecimento químico</b>	<b>Qualidades semióticas de significação</b>
Macroscópico	indiciais e simbólicas
Submicroscópico	icônicas e simbólicas
Simbólico	indiciais, icônicas e simbólicas

Fonte: GOIS, J., GIORDAN, M. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. Química Nova na Escola. n. 7, 2007.

## 2 JUSTIFICATIVA

BERGQVIST (2013) aborda em seu trabalho a importância do ensino do conteúdo de ligações químicas, sendo este um tema central no ensino desta ciência. Os estudantes apresentam dificuldades de compreensão e interpretação dos modelos utilizados para representação deste conteúdo.

A exemplo disto, as imagens poderiam corroborar com o conhecimento de ligações químicas. Há uma dificuldade por parte dos alunos em compreender este conteúdo, pois este apresenta muitos conceitos com caráter abstrato (TRINDADE, 2011; FERNANDEZ e MARCONDES, 2006).

Os estudantes muitas vezes apresentam dificuldades para diferenciar as propriedades das ligações químicas, como por exemplo, em relação a ligação iônica da covalente. As ligações iônicas algumas vezes são entendidas como unidirecionais, sujeitas ao mesmo comportamento das ligações covalentes. Há também uma confusão entre ligação covalente e forças inter e intramoleculares (BARKER E MILLAR, 2000 *apud* FERNANDEZ e MARCONDES, 2006, BERGQVIST, 2013).

Algumas das concepções equivocadas advêm dos conceitos prévios necessários para a compreensão do conteúdo de ligações químicas que os alunos não possuem ou de conteúdos mal compreendidos, como por exemplo, a compreensão dos conceitos dos modelos de estrutura atômica. Em certos casos há dificuldade em entender como será a geometria de uma molécula devido à não percepção do arranjo tridimensional das mesmas, sendo então necessário o uso de representação visual que auxilie esse processo.

Átomos e moléculas são representados de muitas maneiras em textos ou em sala de aula, como círculos, bolas, bolas separadas ou juntas, núcleo e camada. Os alunos podem então não compreender o que significam esses modelos se estes não forem devidamente explicados quanto aos seus propósitos. Muitas destas representações, apresentadas em livros didáticos levam os alunos a interpretações equivocadas, podendo atribuir propriedades macroscópicas ao mundo submicroscópico (FERNANDEZ e MARCONDES, 2006).

Para melhor compreensão das significações das imagens, utiliza-se então a teoria da semiótica, sendo que esta tem como objeto de estudo todas as linguagens possíveis, podendo então auxiliar na compreensão das simbologias químicas utilizadas em sala de aula (GOIS e GIORDAN, 2007).

Reconhecendo a importância do aluno aprender sobre ligações químicas e as dificuldades envolvidas na compreensão desse conteúdo, essa pesquisa busca caracterizar as imagens contidas em livros didáticos do ensino médio nos capítulos de ligações químicas, quanto às suas dimensões e contribuições no processo de compreensão desse conteúdo. Busca também a análise das interpretações das representações das ligações químicas por alunos do ensino médio, podendo assim compreender a contribuição destas no processo de aprendizagem desse conteúdo, utilizando a perspectiva da semiótica.

Estudo semiótico das representações sobre ligações químicas em livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem

Introdução

Questão de Pesquisa e Metodologia

Resultados e Discussão

Proposta de imagem para o Ensino Médio

- Questões que nortearam esta pesquisa.
- Objetivos específicos.
- Descrição do percurso metodológico:
  - a) Estudo piloto
  - b) Análise das imagens por meio de categorias
  - c) Atividade em Escola Estadual
- Sujeitos.
- Instrumentos.

### 3 QUESTÃO DE PESQUISA E METODOLOGIA

Nesta sessão serão apresentadas as questões de pesquisa e a metodologia utilizada no desenvolvimento e análise dos dados deste trabalho.

#### 3.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A partir do que foi exposto anteriormente, pode-se dizer que as imagens auxiliam no processo de compreensão do texto escrito de conteúdos químicos. Diante disso, apresentam-se como questões que norteiam essa pesquisa as seguintes indagações: **a.) quais são as características apresentadas pelas imagens dos livros didáticos aprovados pelo PNLEM/2012, dos capítulos referentes ao conteúdo de ligações químicas? e b.) a partir destas características, estas imagens podem contribuir para a compreensão do texto sobre ligações químicas e dos conceitos envolvidos?**

Neste sentido, seguem-se então os *objetivos específicos*:

- Caracterizar das imagens presentes nos livros didáticos de Química aprovados pelo PNLEM/2012, nos capítulos referentes às ligações químicas, quanto às dimensões representadas;
- Estudar as contribuições das entidades representadas nas imagens para o processo de compreensão desse conteúdo;
- Analisar a interpretação das imagens sobre ligações químicas feitas por alunos do ensino médio, realizada por meio de questionários, os quais serão detalhados posteriormente.

#### 3.2 METODOLOGIA

Uma pesquisa, como Günther (2006) aponta em seus estudos, consiste em obter respostas satisfatórias para os problemas, considerando os recursos materiais e pessoais

disponíveis e empregando procedimentos teóricos e científicos, a fim de promover a compreensão de um fenômeno.

Segundo Flick (2009), as pesquisas qualitativa e quantitativa são dois métodos distintos, porém podem ser utilizados de forma mista ou por meio da triangulação dos dados. As associações de resultados qualitativos e quantitativos podem convergir, ser complementares ou divergir, dependendo dos objetivos pretendidos (KELLE E ERZBERGER, 2004 *apud* FLICK, 2009).

No entendimento de Moreira (1990), a pesquisa quantitativa “procura estudar os fenômenos de interesse por meio de estudos experimentais ou correlacionais caracterizados por medições objetivas e análises quantitativas (...)” (p.10). Baseia-se na manipulação e controle objetivo de variáveis.

Já a pesquisa qualitativa, num sentido bem popularizado, é identificada como aquela que não envolve números, isto é, na qual qualitativo é sinônimo de não-quantitativo (ANDRÉ, 1995). Segundo Flick (2009), o objetivo da pesquisa qualitativa é buscar interpretações sobre fenômenos particulares sobre o sujeito em seu contexto. É apropriada para o estudo de fenômenos complexos, sendo necessária a observação, o registro e a análise do fenômeno estudado visando o entendimento de sua complexidade.

Em concordância à natureza deste estudo, é possível desenvolver a pesquisa utilizando os dois métodos em momentos distintos. Ao considerar a abordagem quantitativa, será desenvolvida uma pesquisa descritiva, transformando em números as informações obtidas, possibilitando assim, classificação e análise.

Considerando a pesquisa qualitativa, entende-se esta como a busca pelo entendimento de um fenômeno em profundidade. Especificamente, realizou-se uma análise das interpretações dos alunos sobre as imagens presentes nos livros didáticos, visando assim compreender a contribuição destas no processo de aprendizagem do conteúdo de ligações químicas.

A abordagem qualitativa deste estudo abrange um tipo de pesquisa documental, em que esta pode ser caracterizada como estudos realizados em documentos escritos, podendo ser públicos, privados ou pessoais (CELLARD, 2012). O livro didático, um documento público, segundo Choppin (2004), tem muitas funções, a qual se destaca a documental. O autor afirma que como função documental

acredita-se que o livro didático pode fornecer, sem que sua leitura seja dirigida, um conjunto de documentos, textuais ou icônicos, cuja observação ou confrontação podem vir a desenvolver o espírito crítico do aluno. Essa função surgiu muito recentemente na literatura escolar e não é universal: só é encontrada — afirmação que pode ser feita com muitas reservas — em ambientes pedagógicos que privilegiam a iniciativa pessoal da criança e visam a favorecer sua autonomia; supõe, também, um nível de formação elevado dos professores (CHOPPIN, 2004, p. 553).

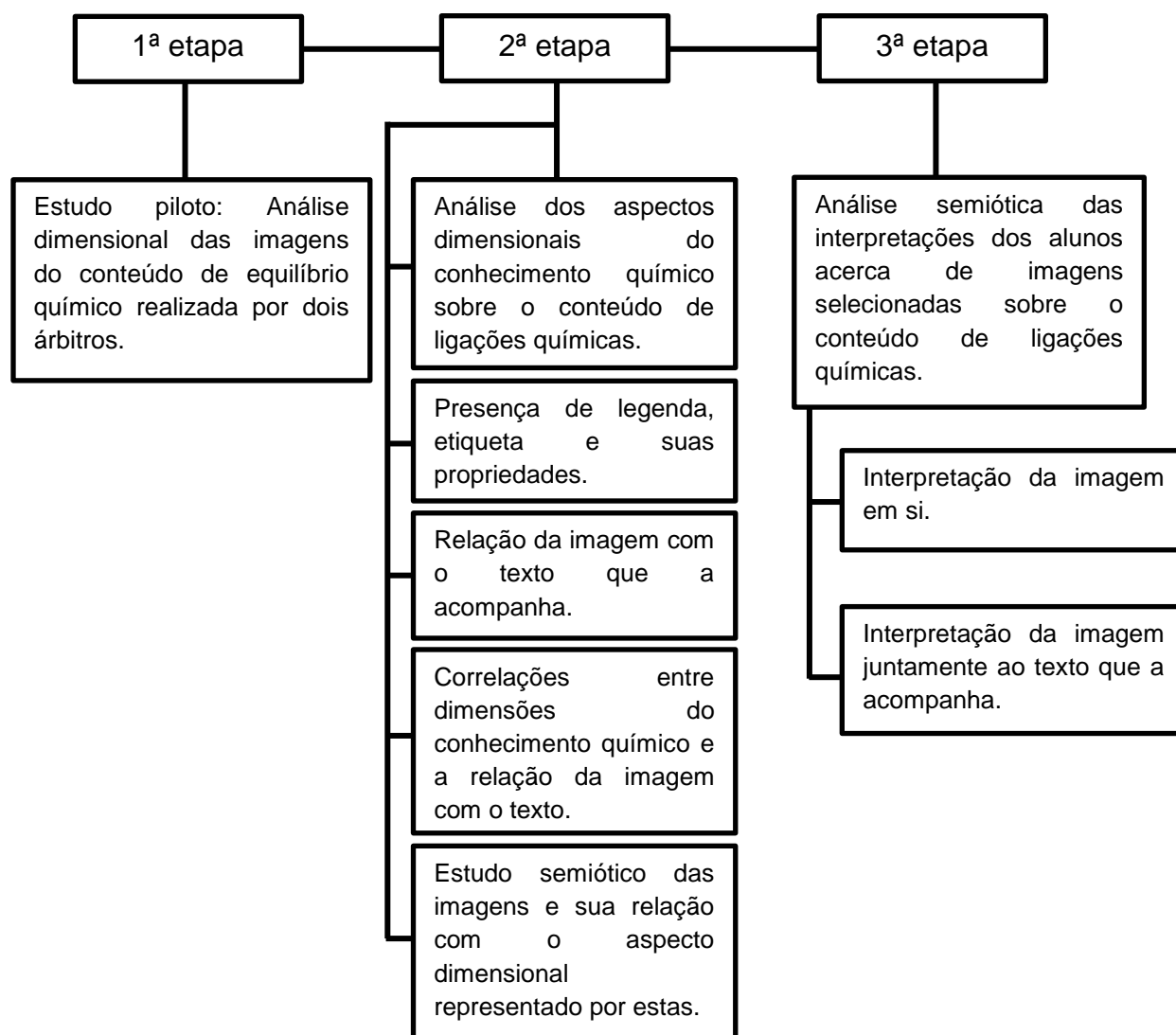
A pesquisa documental, segundo Marconi (2002), tem como fonte de coleta de dados documentos, os quais são denominados como fonte primária. Dados secundários são obtidos de livros, revistas, jornais, publicações avulsas e teses.

Gil (2008) descreve que a pesquisa documental se assemelha à pesquisa bibliográfica, mas se difere nas fontes. Para o autor deve-se considerar se os documentos são de primeira ou segunda mão, equivalendo ao que Marconi (2002) apontou como primário ou secundário.

Considerando a citação de Choppin (2004), o livro didático tem função documental e, sendo assim, pode-se utilizar este tipo de pesquisa para análise deste material. Nesse sentido, o trabalho aqui apresentado utiliza-se de livros didáticos de Química para análise e interpretação de imagens, as quais o autor chama de documentos icônicos. Estes documentos são os objetos do estudo qualitativo e quantitativo, os quais são realizados em momentos distintos, porém, com interpretações similares nos aspectos dos potenciais apresentados para a aprendizagem dos conteúdos químicos. As etapas destas análises serão descritas a diante.

Pode-se dividir esta pesquisa em três etapas, como o esquema a seguir.





1ª etapa: Esta etapa constitui um estudo piloto para estimar a confiabilidade da análise que foi realizada sobre as imagens do conteúdo de ligações químicas, no que se refere aos aspectos dimensionais do conhecimento químico. Este estudo contemplou a análise de imagens relacionadas ao conteúdo de Equilíbrio Químico, a partir do esquema duplo-cego, em que dois pesquisadores, em momentos distintos, categorizam as imagens em relação às dimensões do conhecimento químico, tendo como intuito eliminar a interferência do examinador.

A escolha de um conteúdo químico diferente do proposto para este trabalho se deu para a verificação de como se daria as categorizações realizadas por dois árbitros independentemente, e, a partir do método estatístico Kappa, um *software* que permite acesso gratuito *online*<sup>1</sup>, verificar a concordância entre estes. As classificações divergentes são desconsideradas, as quais não são computadas nas análises posteriormente realizadas. Esta

1. <http://lee.dante.br/pesquisa/kappa/>

análise é realizada inserindo os dados manualmente no *software online* depois de estabelecida as categorias e a quantidade de árbitros envolvidos na análise. Abaixo tem-se um exemplo da categorização realizada pelos dois árbitros.

Tabela 3 – Exemplo de categorização das imagens realizada por dois avaliadores.

<b>Imagem</b>	<b>Avaliador 1</b>	<b>Avaliador 2</b>
1	Macroscópico	Macroscópico
2	Macroscópico	Macroscópico
3	<u>Submicrosimbólico</u>	<u>Submicroscópico</u>
4	Submicroscópico	Submicroscópico
5	Macroscópico	Macroscópico
6	Macroscópico	Macroscópico
7	<u>Macrosubmicroscópico</u>	<u>Macrosubmicrosimbólico</u>
8	Macrosubmicrosimbólico	Macrosubmicrosimbólico
9	Simbólico	Simbólico
10	Macroscópico	Macroscópico
11	Simbólico	Simbólico
12	Simbólico	Simbólico
13	Macroscópico	Macroscópico
14	<u>Submicroscópico</u>	<u>Submicrosimbólico</u>
15	Não classifica	Não classifica
16	Macrosubmicrosimbólico	Macrosubmirosimbólico

Fonte: Do autor

Neste exemplo, as palavras sublinhadas são categorizadas pelos avaliadores diferentemente. Assim, para saber o grau de concordância destes avaliadores, insere-se no teste estatístico Kappa o número de avaliadores e, manualmente, cada categoria que este relaciona à imagem. No final, o *software* apresenta uma tabela com os resultados obtidos e um valor de concordância que está entre 0 e 1. Valores próximos a 1 indicam alta concordância entre os avaliadores.

Escolheu-se o teste estatístico Kappa porque este descreve a intensidade da concordância entre dois ou mais juízes, onde é possível saber se a caracterização ou classificação realizada é confiável.

Este estudo piloto indicou um resultado satisfatório para as análises quanto às dimensões do conhecimento químico, encontrando um valor de 0,925, o qual indica um alto grau de concordância entre os avaliadores. A partir desse estudo piloto, seguiu-se para a segunda etapa do trabalho.

2ª etapa: Esta se refere às análises das imagens selecionadas por meio (a.) das categorias que tratam o conhecimento expresso pelas suas dimensões, (b.) do estudo semiótico destas e (c.) das discussões quanto aos conceitos químicos envolvidos. Serão apresentadas as sequências de ações que foram realizadas nesta etapa.

a. Inicialmente os livros didáticos foram selecionados, sendo aqueles aprovados no PNLEM/2012. Identificaram-se os capítulos referentes aos conteúdos de ligações químicas, onde as imagens presentes nestes capítulos foram selecionadas e numeradas.

Os livros selecionados para análise estão relacionados na Tabela 4.

Tabela 4 – Livros didáticos de Química selecionados para o estudo.

	<b>Obra</b>	<b>Editora</b>	<b>Autor</b>	<b>Vol.</b>	<b>Ano/Edição</b>
<b>A</b>	Química: Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia	FTD	Fonseca, M. R. M.	2	2010/1 <sup>a</sup>
<b>B</b>	Química Cidadã	Nova Geração	Santos, W. L. P. e Mól, G. S. (Coords.)	2	2010/1 <sup>a</sup>
<b>C</b>	Química	Scipione	Mortimer, E. F. e Machado, A. H	2	2011/1 <sup>a</sup>
<b>D</b>	Química na abordagem do Cotidiano	Moderna	Peruzzo, F. M. e Canto, E. L.	2	2011/1 <sup>a</sup>
<b>E</b>	Ser Protagonista	SM	Lisboa, J. C. F.	2	2012/1 <sup>a</sup>

Fonte: Do autor

b. Em seguida as imagens foram diferenciadas quanto aos tipos, podendo ser fotografias, figuras, gráficos ou tabelas.

Imagens do tipo fotografia são aquelas obtidas a partir de banco de imagens (FREITAS, 2002). Estas estão presentes nos livros didáticos por relacionarem os conteúdos químicos a aspectos puramente observáveis. São tidas como exemplos para explicação de aspectos não observáveis ao apresentarem em sua constituição dimensões submicroscópicas, como átomos, moléculas, íons, entre outras. Para isso, estas imagens passam por um tratamento onde não serão puramente fotográficas, mas apresentarão em sua constituição elementos produzidos por meio de *softwares* que permitem a modelização do conhecimento químico. As imagens do tipo fotografia foram quantificadas considerando as puramente fotográficas e também as que apresentam elementos submicroscópicos em sua constituição.

As imagens do tipo figura ou desenho são aquelas produzidas pela equipe gráfica responsável pelo livro, onde estas são criadas com o objetivo de representar aquilo do que se trata o conteúdo. Geralmente estas imagens são utilizadas para representar os conteúdos que possuem aspectos mais abstratos, pois em sua produção é possível elaborá-las de forma a possuir todos os aspectos presentes nos modelos explicativos destes conteúdos.

As tabelas e gráficos são classificadas como imagens que disponibilizam informações de uma forma organizada e resumida de variáveis. Estas imagens auxiliam na visualização das informações e são importantes para compreensão dos textos devido à organização das informações (FREITAS, 2002).

c. Esta etapa buscou classificar as imagens de acordo com a taxonomia que considera o tipo e as características dimensionais da entidade que busca representar o conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico (JOHNSTONE, 1982)) e todas as possíveis correlações entre estas (KIILL, 2009).

O aspecto macroscópico relaciona-se à representação daquilo que é concreto e visível dos fenômenos (JOHNSTONE, 2000). Os aspectos que se relacionam à natureza abstrata classificam-se como submicroscópicos. As imagens que são classificadas nesta categoria apresentam a representação de átomos, íons, moléculas. As representações presentes nas imagens que se relacionam à fórmulas e símbolos, entre outros, classificam-se como sendo de nível simbólico.

Considerando que as imagens nem sempre apresentam em sua constituição apenas um destes aspectos, utilizou-se o estudo de KIILL (2009) em que se considerou que as imagens podem representar em sua estrutura mais de uma dimensão. Assim, tem-se as seguintes correlações:

- Macrosubmicroscópico (Macroscópico + Submicroscópico)
- Macrosimbólico (Macroscópico + Simbólico)
- Submicrosimbólico (Submicroscópico + Simbólico)
- Macrosubmicrosimbólico (Macroscópico + Submicroscópico + Simbólico)

Existem também imagens que não se classificam em nenhuma das categorias acima, pois não representam as dimensões do conhecimento químico, como por exemplo, as tirinhas. Entretanto, estas imagens também foram quantificadas.

Para realizar esta classificação, utilizou-se o esquema duplo-cego, conforme abordado na 1ª etapa, em que cada pesquisador, individualmente, propõe sua descrição. Para a realização desta etapa houve, portanto, a colaboração de outro pesquisador da área.

d. Nesta etapa classificaram-se as legendas de acordo com suas propriedades. As imagens que apresentavam legendas foram identificadas e assim, estas foram classificadas quanto às suas propriedades, podendo estas ter caráter explicativo, descritivo ou investigativo.

Uma legenda que possui caráter explicativo tem como característica trazer uma explicação daquilo que está representado na imagem, podendo contribuir para a compreensão e interpretação do conteúdo a esta relacionado. Quando tem caráter descritivo, esta descreve os elementos representados na imagem, sem explicação, como por exemplo, quando identifica-se os constituintes químicos da imagem. As legendas com caráter investigativo trazem questionamentos quanto ao conteúdo representado na imagem, podendo relacionar neste momento o texto que acompanha esta imagem.

Existem também as imagens que não possuem legendas, as quais também foram quantificadas.

e. Nesta etapa classificaram-se as imagens quanto à presença de etiquetas ou rótulos, as quais podem ser do tipo nominativo ou relacional.

As etiquetas são textos presentes nas imagens que auxiliam na compreensão do que está sendo representado (LEITES, 2008), onde em certos casos, as etiquetas podem substituir as legendas.

Uma etiqueta do tipo nominativa se refere às letras e palavras que identificam elementos constituintes da imagem. No contexto químico, por exemplo, estas etiquetas podem identificar os elementos químicos presentes na imagem. As etiquetas do tipo relacional se referem à pequenos textos que descrevem o que está representado na imagem, podendo ser

comparada a uma legenda descritiva. Há também imagens que não possuem nenhum tipo de etiqueta, as quais também foram quantificadas.

f. Relação existente entre imagem e texto. Esta categoria buscou encontrar as relações existentes entre as imagens selecionadas e os textos que as acompanham, as quais podem ser do tipo direta, indireta ou não relacionada.

Uma imagem que apresenta relação direta com o texto representa em sua constituição exatamente aquilo que o texto diz, ou seja, texto e imagem representam o mesmo conteúdo, utilizando-se de linguagens distintas. Já uma imagem que possui relação indireta com texto representa o que está escrito no texto, porém não exatamente o que este diz. São imagens ditas complementares ao texto, podendo auxiliar na compreensão deste por meio de diferentes exemplos. Há também imagens que não estão relacionadas ao texto. São consideradas imagens ilustrativas, não proporcionando nenhum auxílio para a compreensão do conteúdo em si.

g. Esta etapa constituiu um estudo semiótico das imagens selecionadas, a partir da teoria peirceana, considerando os aspectos de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade apresentados.

A Primeiridade se relaciona às características de qualidade, ou seja, num nível elementar onde se tem uma primeira impressão do fenômeno representado na imagem. Esta baseia-se, por exemplo, em cores, formas, traços. Quando existe uma relação destas qualidades à um existente, diz-se que há uma relação de Secundidade. No contexto químico a Secundidade é identificada quando o estudante relaciona as qualidades evidenciadas nas imagens aos constituintes químicos representados, onde há uma relação signo-objeto. Como afirma Santaella (1983), a transição da Primeiridade para a Secundidade é quase imediata, onde Secundidade sempre pressupõe Primeiridade.

No que se refere à Terceiridade, sabe-se que esta diz respeito à generalidade, uma lei que regula uma relação. Quanto aos aspectos químicos, a Terceiridade tem como característica o alto grau de interpretação, o qual relaciona-se à compreensão do conceito geral que está representado na imagem. Será gerado um interpretante, o qual não será final, pois a interpretação de um signo está sempre em progresso (SANTAELLA, 2005).

3ª etapa: Esta etapa consistiu em analisar semioticamente as interpretações dos alunos de uma turma do terceiro ano do ensino médio sobre as imagens selecionadas para o conteúdo de ligações químicas. A coleta de dados ocorreu por meio de questionários, sendo que a interpretação das respostas subsidiaram a análise quanto à contribuição da imagem no processo de aprendizagem. Estes questionários se dividiram em: (a.) questionário somente com imagens selecionadas do conteúdo de ligações químicas; (b.) questionário com os textos selecionados juntamente com as imagens que as acompanham (APÊNDICE A).

O estudo semiótico foi realizado analisando as respostas dos alunos em duas aulas, onde foram utilizados os questionários abordados acima. Estes pretendiam buscar aquilo que os alunos interpretaram das imagens selecionadas. As respostas obtidas nos dois momentos foram classificadas conforme as categorias fenomenológicas peirceanas, como abordado no item g da 2ª etapa, sendo a Primeiridade, Secundidade e Terceiridade. Estas categorias são oriundas das tricotomias propostas por Peirce, que são importantes para a compreensão do modo de operação de um signo na mente do homem.

Este tipo de classificação pode ser utilizado pelo professor para identificação da compreensão dos alunos acerca do conteúdo em questão, bem como observar o grau de interpretação que este possui. Pode-se também verificar qual o papel da imagem para a compreensão dos aspectos relacionados às ligações químicas, compreendendo a importância do seu papel como representação.

Sabendo que as respostas dos alunos podem apresentar diferentes graus de interpretação, é possível considerar que a Terceiridade se divide em novas ramificações ou gradações, conforme Santaella (2005). Estas novas ramificações podem ser chamadas de *elementar, intermediário ou avançado* que se baseiam nos aspectos discutidos nas respostas, os quais possuem características de lei, porém não possuem o mesmo nível de interpretação.

Sendo assim, as respostas classificadas na Terceiridade foram reclassificadas nestas diferentes ramificações, as quais levaram em conta o grau de interpretação apresentado para cada conteúdo.

#### - *Sujeitos*

Os sujeitos participantes dessa pesquisa foram alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública do interior de Minas Gerais, sendo um total de 53 alunos. Em anexo encontra-se a carta de aceite emitida pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas para realização desta pesquisa com os alunos sujeitos da pesquisa.

*- Instrumento*

Para realização deste estudo utilizou-se como instrumentos para coleta de dados os questionários. Estes foram utilizados para coletar a interpretação dos alunos sobre as imagens selecionadas, os quais foram respondidos pelos sujeitos da pesquisa.

Um questionário pode ser caracterizado como um instrumento de investigação que busca informações a partir de uma série de questões que abrangem o tema de interesse do pesquisador (STRAUSS e CORBIN, 2008). Segundo Flick (2009) as questões devem ser formuladas de forma precisa e clara, sendo analisadas tendo como base os objetivos do estudo.

Os questionários utilizados propunham que os alunos descrevessem o que podiam interpretar das imagens selecionadas em dois momentos (APÊNDICE A). No primeiro a imagem foi interpretada sem o texto, somente com os elementos constituintes da imagem (legenda e etiqueta). No segundo, as mesmas imagens foram interpretadas juntamente com o texto que as acompanham, evidenciando assim qual o papel da imagem e texto no processo de compreensão do conteúdo estudado.



Estudo semiótico das representações sobre ligações químicas em livros didáticos e suas contribuições para o processo de aprendizagem

Introdução

Questão de Pesquisa e Metodologia

Resultados e Discussão

Proposta de imagem para o Ensino Médio

- Seleção dos livros e capítulos a serem estudados.
- Categorização tipificadora das imagens.
- Categorização das imagens quanto:
  1. Aos aspectos dimensionais,
  2. À presença e propriedades das etiquetas,
  3. À presença e propriedades das legendas,
  4. À relação existente entre imagem e texto.

- Estudo semiótico das imagens em relação às categorias fenomenológicas peirceanas:
  1. Primeiridade
  2. Secundidade
  3. Terceiridade
- Relação entre os aspectos dimensionais e as categorias fenomenológicas peirceanas.
- Comparação entre as imagens para o conteúdo de ligações químicas.
- Estudo semiótico das interpretações dos alunos sobre as representações.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta sessão serão apresentadas as categorizações, quantificações e análises realizadas para o conjunto de imagens que compõe o objeto de estudo deste trabalho.

### 4.1 SELEÇÃO DOS LIVROS E CAPÍTULOS A SEREM ANALISADOS

Para categorização e quantificação das imagens, inicialmente selecionou-se os capítulos sobre ligações químicas presentes nos livros didáticos aprovados no PNLEM/2012 que são objeto deste estudo (TABELA 5). A partir disto, as imagens presentes nestes capítulos foram identificadas, escaneadas, categorizadas e analisadas pelos pesquisadores. O conjunto é composto por um acervo de 399 representações visuais (APÊNDICE C), seguindo a distribuição da Tabela 5 onde os nomes dos livros didáticos foram substituídos pelas legendas A, B, C, D e E.

Tabela 5 – Distribuição das imagens nos livros didáticos de Química aprovados no PNLEM/2012 para o conteúdo de ligação química.

<b>Livro didático</b>	<b>Número de imagens</b>
A	91
B	103
C	33
D	86
E	86
<b>Total</b>	<b>399</b>

Fonte: Do autor

Os livros apresentam em torno de 80 a 100 imagens, com exceção do LD C que têm em sua estrutura 33 imagens. O que se percebe com essas quantidades é que, ao longo do tempo, passou-se a incorporar imagens nos livros didáticos. Se comparado aos livros da década de 80, os LD atuais possuem um grande volume de representações que tem como finalidade auxiliar a compreensão do texto (MORTIMER, 1988). Este autor aponta que os livros didáticos de hoje apresentam a maioria das informações importantes em destaque, onde

o aluno não precisa se preocupar em ler os textos procurando essas informações, pois estas já vem prontas. Assim, afirma que: “o número de esquemas, ilustrações, tabelas é exagerado, a ponto de dificultar a leitura, que fica necessariamente truncada por todos esses detalhes gráficos” (MORTIMER, 1988, p.35).

Pensando nesta afirmação, pode-se considerar que quantidade de imagens não está diretamente relacionada a livros melhores. É preciso analisar o LD de modo a compreender se estas ilustrações promovem a interpretação do texto, entretanto, é importante dizer que as imagens trouxeram benefícios no sentido de contribuir com a melhor compreensão dos textos que as acompanham. Silva e colaboradores (2006) afirmam que “a compreensão de conceitos e fenômenos podem ser, em muitos casos, potencializada pelos aspectos atribuídos às imagens e às ideias que estas podem comunicar” (p. 220). É preciso reconhecer a importância da imagem no processo de aprendizagem, observando suas potencialidades na compreensão dos textos escritos.

A partir da identificação das imagens, a próxima etapa foi a diferenciação das mesmas. Com isso, as imagens foram diferenciadas em: fotografias, figuras, gráficos e tabelas. Freitas (2002) apresenta estas categorias da seguinte maneira:

**Figura (Desenho):** imagens produzidas pelo desenhista ou equipe gráfica responsável pelo livro;

**Fotografia:** obtidas em bancos de imagens e são produto de processos físico-químicos;

**Tabela:** quadros com cabeçalho e casas formadas por filetes que contém linhas e colunas de palavras e algarismos; disponibilizam informações de forma resumida e organizada;

**Gráfico:** representação de uma função (...) num sistema de coordenadas que em geral permitem uma maior visibilidade dos dados, disponibilizando informações a respeito do comportamento de uma ou mais variáveis (FREITAS, 2002 p.43-44).

Considerando as definições apresentadas pela autora, é possível utilizar-se destas categorias para quantificação e análise das imagens identificadas. A quantificação destas imagens se encontra na tabela a seguir.

Tabela 6 – Distribuição de imagens em relação ao tipo.

Tipo de imagem	Livro didático					Total
	A	B	C	D	E	
Fotografia	20	26	12	32	28	<b>118</b>
Figura	56	67	14	42	42	<b>219</b>
Gráfico	1	0	2	0	1	<b>4</b>
Tabela	16	10	5	12	15	<b>58</b>
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>103</b>	<b>33</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>399</b>

Fonte: Do autor

Pode-se observar nesta tabela que as representações visuais são em sua maioria figuras (55%), seguido de fotografias (29%), tabelas (15%) e gráficos (1%). Assim, percebe-se uma priorização de figuras em detrimento de gráficos para o conteúdo de ligação química. Isso pode ser justificado pelo fato deste conteúdo ser explicado por meio de modelos. Estes modelos serviriam então para levar o leitor a entender e diferenciar os tipos de ligações químicas que justificam as interações entre os átomos.

Diante desta quantificação mencionada nos parágrafos anteriores, é importante realizar o estudo da natureza dos elementos representados por meio da categorização das imagens, pois segundo Leites (2008), as imagens dominam o mundo e a educação, portanto é necessário saber decodificá-las, interpretá-las e usá-las. Assim, é preciso analisar estas ilustrações presentes nos LD's verificando os constituintes presentes nestas, que serão discutidos a seguir.

## 4.2 CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS DOS CAPÍTULOS SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS

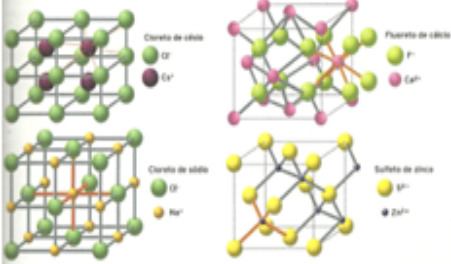

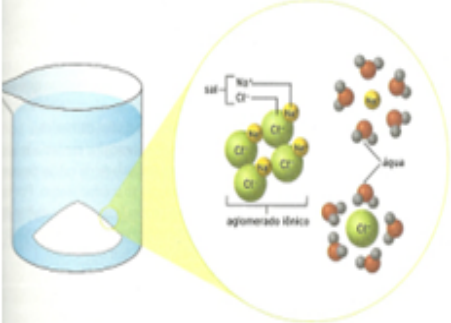
Nesta seção, as imagens serão categorizadas quanto ao aspecto dimensional, a presença de legenda e etiquetas e o grau de relação com o texto. A partir do conjunto de imagens identificadas, estabeleceu-se a relação de correspondência entre as entidades representadas com os modelos científicos. As categorias seguem abaixo:

- a. Tipo de imagem: fotografia, figura, gráfico e tabela;

- b. Aspecto dimensional da entidade representada: macroscópica, submicroscópica ou simbólica.
- c. Presença de legenda e suas propriedades;
- d. Presença de etiquetas/rótulos e suas propriedades;
- e. Grau de relação da imagem com o texto que a acompanha.

Apresenta-se na Figura 3 o exemplo de uma tabela utilizada para que essas imagens fossem categorizadas e quantificadas e assim pudessem ser realizadas as possíveis análises.

Figura 3 – Modelo de uma tabela utilizada para categorização e quantificação das imagens.

FIGURA			Propriedades da Legenda e Etiqueta		
Subcategoria	Descrição	Representação	Existe legenda?	Etiqueta/Rótulo	Relação com o texto
1	Submicrosimbólico		Sim Descritiva	Sim Nominativa	Relação direta
2	Simbólico		Sim Descritiva	Sim Nominativa	Relação direta
3	Macrosubmicrosimbólico		Sim Descritiva	Sim Nominativa	Relação direta

Fonte: Do autor.

Utilizou-se esta tabela para realizar o tratamento das imagens identificadas no texto, a partir das categorias apresentadas. Nesta foram inseridas todas as imagens e nos campos à esquerda realizou-se a identificação e descrição do aspecto dimensional representado.

Nos campos à direita, identificou-se as propriedades das legendas e etiquetas que estas imagens apresentam e também a identificação da relação encontrada entre imagem e texto. Elaborou-se tabelas para as figuras, fotografias, gráficos e tabelas, que estão identificadas no alto da tabela. Esta tabela foi o instrumento utilizado para coletar estes dados para que assim pudessem ser quantificados e analisados.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO QUANTO AOS ASPECTOS DIMENSIONAIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO DAS REPRESENTAÇÕES VISUAIS SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS

Jonhstone (1982, 2000, 2001) propõe que o conhecimento químico é algo que pode ser construído a partir de três aspectos, os quais são apontados como: a) aspecto macroscópico, b) aspecto submicroscópico, c) aspecto simbólico. Estes, ao serem correlacionados dão origem a novas categorias, que podem ser descritas pelas seguintes combinações: d) aspecto macrosubmicroscópico, e) aspecto macrosimbólico, f) aspecto submicrosimbólico, g) aspecto macrosubmicrosimbólico, h) não classifica (quando a imagem não tem nenhuma relação com os aspectos dimensionais do conhecimento químico) (KIILL, 2009).

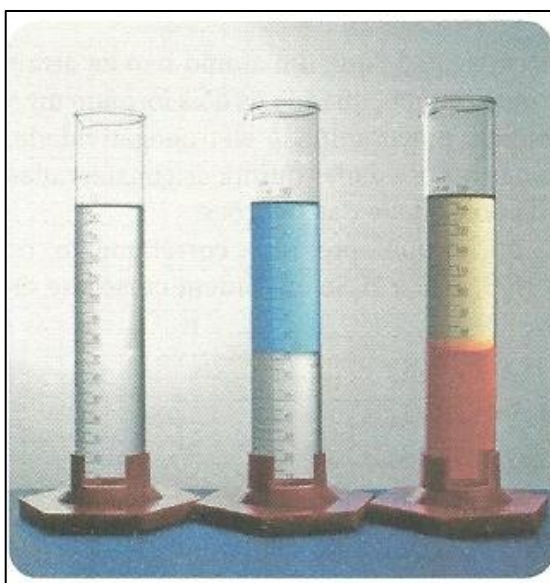
A partir do aspecto dimensional do conhecimento químico considerando o que foi proposto por Johnstone (1982, 2000, 2001), têm-se abaixo alguns exemplos e descrições para estas categorias.

#### 4.3.1 Aspecto macroscópico

Uma imagem que tem em sua estrutura a representação da dimensão **macroscópica** pode auxiliar o aluno a compreender os aspectos concretos e visíveis dos fenômenos (JOHNSTONE, 2000). Gktizia (2010) aponta que este aspecto pode ser descrito por experiências produzidas em laboratório, representado por meio de vídeos e imagens e também estar relacionado a situações cotidianas.

Considerando que a Química é uma ciência que possui conceitos abstratos, estes referentes concretos (relacionados ao aspecto macroscópico) funcionam como instrumentos que auxiliam o aluno na compreensão dos conteúdos químicos de uma maneira introdutória, de modo que, posteriormente poderá ser relacionado aos modelos explicativos representados pelo aspecto submicroscópico (Johnstone, 2006). Para exemplificar a instrumentalização da imagem como forma de melhorar a compreensão do texto, cita-se a imagem que insere o conteúdo de polaridade e solubilidade representados na Figura 4.

Figura 4 – Exemplos de três misturas para explicar conceitos de solubilidade e polaridade.



Fonte: PERUZZO, F. M.; CANTO, E.L. (2011, p. 178).

As três provetas apresentadas na fotografia acima contém misturas de água e tetracloreto de carbono. Estas substâncias formam duas fases devido as diferenças de polaridade apresentadas por cada substância, sendo que a água ocupa a fase superior e o tetracloreto de carbono, a inferior. Na proveta do centro adicionou-se sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_{4\text{aq}}$ , composto iônico) que se dissolve preferencialmente na fase superior, conferindo-lhe coloração azulada. Na proveta da direita foi adicionada a substância Bromo, que se dissolve preferencialmente na fase inferior, dando-lhe a cor alaranjada.

Considerando o exemplo citado, ao iniciar o estudo do conteúdo de solubilidade e polaridade das moléculas, pode ser utilizada como ponto de partida uma atividade experimental ou uma imagem que possa representar estas observações. Porém, a compreensão dos conceitos de polaridade e solubilidade não se faz apenas a partir desta imagem. Para isso,



esta representação não pode estar ausente do aspecto teórico ou submicroscópico, que é o aspecto que explica as interações entre compostos polares e apolares. Sendo assim, esta visualização permite ao aluno apenas uma introdução ao assunto que deve levá-lo a uma posterior relação aos aspectos teóricos dos conceitos envolvidos no conteúdo em questão. Johnstone (2006) aponta a necessidade de se iniciar o estudo de qualquer conceito químico pelo aspecto macroscópico, entretanto não se deve parar nesse aspecto.

Neste exemplo, seria necessária a representação do aspecto submicroscópico para uma melhor compreensão do conceito envolvido, pois tal qual está representada, esta imagem contempla a definição de que ‘polar dissolve polar e apolar dissolve apolar’. Porém, esta definição não faz o aluno compreender as interações presentes entre os compostos adicionados em cada proveta, que resulta na diferença de solubilidade. Do ponto de vista químico, a molécula de água possui caráter polar devido as diferentes eletronegatividades do hidrogênio e oxigênio e os pares de elétrons isolados deste último elemento. O oxigênio, sendo mais eletronegativo, atrai para si os pares de elétrons compartilhados com o hidrogênio, levando a uma distribuição não uniforme destes elétrons, formando então um dipolo elétrico.

Quando as eletronegatividades dos elementos de determinada molécula são iguais ou próximos, esta possuirá caráter apolar. No exemplo, a molécula tetracloreto de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) é tratada como tendo caráter apolar. As eletronegatividades envolvidas nesta molécula são diferentes, porém o que faz que esta seja considerada apolar é sua geometria tetraédrica simétrica, a qual possibilita um vetor resultante do momento dipolar nulo. Sendo assim, ao se misturar água e tetracloreto de carbono, haverá a formação de duas fases, pois estas possuem polaridades diferentes. As diferentes substâncias adicionadas nestas provetas podem promover melhor interação entre a água ou tetracloreto de carbono dependendo da polaridade que apresentarem. Cabe ressaltar que esse modelo é uma explicação baseada na teoria do octeto, a qual é utilizada como base no ensino médio.

Assim, considera-se que a imagem em questão deveria apresentar elementos de natureza submicroscópica, indicando, por exemplo, os constituintes das moléculas das substâncias envolvidas, a geometria destas, momento de dipolo ou a representação da densidade eletrônica, os quais possibilitariam uma melhor interpretação dos conceitos envolvidos nesse conteúdo.

Outro ponto que fica evidente na imagem em questão é que a mesma não apresenta etiquetas ou rótulos que identifiquem o que está sendo representado. Nesse sentido, conforme aponta Silva et al., (2011), é preciso ressaltar a importância do professor no processo de

leitura desta imagem, pois este possui uma maior habilidade ao interpretar estas representações e pode assim auxiliar o aluno neste processo.

#### 4.3.1.1 Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio

Considerando os conteúdos previstos pelo CBC (Conteúdo Básico Comum), para compreensão do conteúdo de polaridade das moléculas, o aluno necessita ter aprendido primeiramente como se forma uma ligação covalente, as geometrias apresentadas pelas moléculas e o momento dipolar resultante. Estes aspectos são necessários para que se compreenda se a molécula é polar ou apolar, sendo então possível prever quais as interações preferenciais entre uma substância e outra.

Assim, as três provetas que representam a solubilidade de compostos a partir dos conceitos de polaridade (Figura 4), exigem para sua interpretação conceitos que são previstos pelo CBC (conteúdo básico comum). Porém, esses conceitos podem não ser totalmente compreendidos pelos alunos, conforme apontam Fernandez e Marcondes (2006), ressaltando que os estudantes podem possuir concepções equivocadas quanto ao entendimento sobre polaridade de uma ligação, ao passo que a formação das ligações covalentes não foi certamente compreendida. Estes estudantes, como os autores afirmam, explicam a polaridade de uma ligação sem mencionar a ideia da eletronegatividade e não consideram a influência da geometria molecular. Isso também pode ocorrer pela falta de compreensão do modelo VSEPR (modelo da repulsão dos pares de elétrons na camada de valência) o qual explica as geometrias das moléculas.

Este modelo muitas vezes é abordado no ensino médio de forma superficial, o que pode gerar concepções equivocadas sobre o conceito de polaridade das moléculas, pois podem confundir, por exemplo, o arranjo dos pares de elétrons com a geometria molecular ou podem explicar a polaridade das moléculas sem mencionar a ideia de eletronegatividade (NICOLL, 2001 *apud* FERNANDEZ E MARCONDES, 2006).

Em moléculas com mais de dois átomos, é preciso saber o momento de dipolo resultante da mesma e isso só é possível se houver uma boa compreensão da geometria que esta possui. Compreender essa geometria é entender que os pares de elétrons irão assumir

posições diferenciadas nas moléculas, considerando os pares de elétrons ligantes. Assim, os ‘domínios de elétrons’, ou seja, os orbitais que os comportam, tentam assumir uma disposição que minimiza as repulsões entre estes (BROWN, 2005).

A imagem deveria, então, representar as moléculas constituintes de cada fase (aspecto submicroscópico) e também a organização e disposição das mesmas, pois, apenas observando o que está representado na Figura 4, o aluno pode interpretar, por exemplo, a fase de coloração azulada contendo apenas um constituinte, enquanto que esta é uma mistura de várias entidades (interação da água com o o sulfato de cobre). Embora essa explicação não seja abordada no ensino médio, deve-se considerar que a solubilidade de uma determinada substância em outra envolve fatores tanto entrópicos quanto entálpicos e que estão intimamente ligados ao arranjo e organização das entidades na mistura formada.

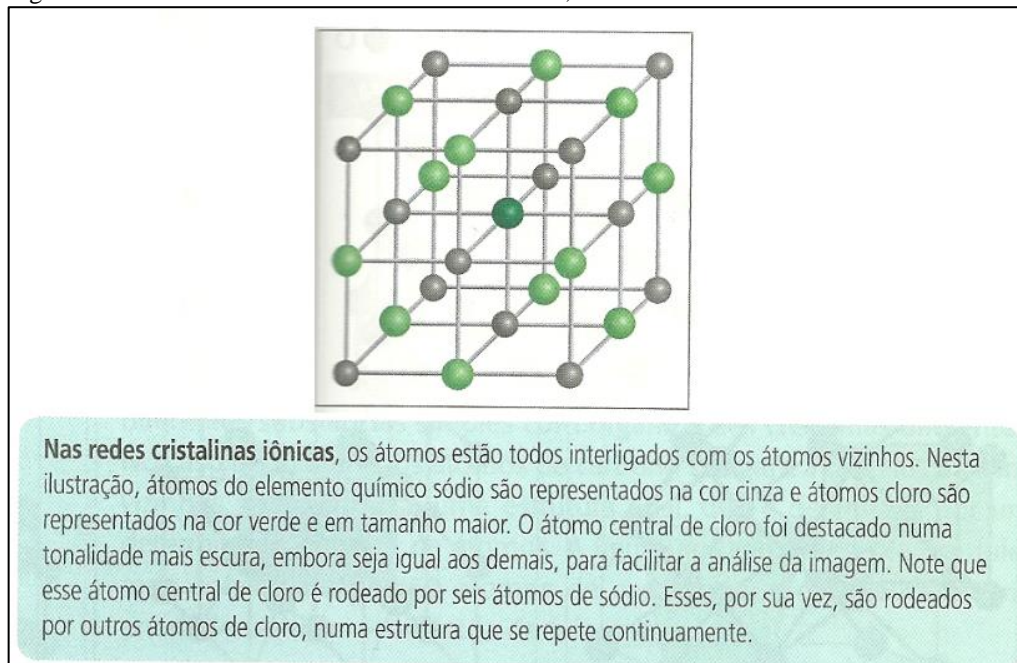
#### 4.3.2 Aspecto submicroscópico

O aspecto **submicroscópico** do conhecimento químico está relacionado às informações de natureza abstrata, envolvendo átomos, íons e moléculas. Os modelos criados para explicar os fenômenos químicos estão, em sua maioria, representados por este aspecto dimensional (JONHSTONE, 2000).

Nos capítulos referentes às ligações químicas são estudados os modelos que representam a organização dos constituintes das substâncias. Os livros didáticos do ensino médio apresentam esse tópico posteriormente às definições de ligações iônicas e covalentes. Ao abordar este tópico, utilizou-se como exemplo o sal de cozinha (aspecto macroscópico), constituído de íons sódio ( $\text{Na}^+$ ) e cloreto ( $\text{Cl}^-$ ). Essa substância é caracterizada então pelo constituinte representado pela fórmula química  $\text{NaCl}$ . Os átomos constituintes desta substância (como de muitas outras) estão interligados em redes contínuas, como representado na Figura 5. A imagem representa o retículo cristalino de uma substância iônica, no caso  $\text{NaCl}$ , em que todos os átomos estão interligados com os átomos vizinhos. Por meio desta figura, pode-se perceber a representação das espécies, sugerindo que um íon central (cloreto) está rodeado por seis íons sódio, que, por sua vez, são rodeados por outros íons cloreto, onde a estrutura se repete continuamente. Porém, esta informação é apresentada apenas na legenda da imagem, a qual sem esta não seria possível identificar qual desenho representa o átomo de cloro, por exemplo. Assim, como será apresentado posteriormente, evidencia-se a necessidade

de etiquetas as quais poderiam identificar todos os elementos constituintes desta imagem, facilitando então a compreensão do significado destes constituintes representados.

Figura 5 – Rede cristalina iônica do cloreto de sódio, NaCl.



Fonte: MÓL, G. S.; SANTOS, W.L.P. (2010, p. 273).

Considerando que esta imagem apresenta o aspecto submicroscópico do conhecimento químico por representar os íons numa rede cristalina, verifica-se que sua interpretação é muito abstrata, necessitando que o aluno tenha um bom inventário químico para compreender o que está sendo representado. Nesse ponto o aluno já precisa saber sobre as propriedades dos elementos para ocorrer uma ligação do tipo iônica. Assim, será capaz de compreender que a ordenação destes átomos forma uma rede cristalina, identificando quem são os constituintes da substância.

Quando esta imagem está relacionada ao aspecto macroscópico, o aluno pode fazer uma conexão mais fácil entre estes aspectos. Este poderia representar concretamente o sal de cozinha, e, ancorado ao aspecto simbólico, identificar os elementos constituintes desta imagem, contribuindo para uma melhor compreensão daquilo que, com a imagem, espera-se representar. O professor, neste processo, desempenha papel de fundamental importância para estabelecer as relações necessárias entre o aspecto submicroscópico apresentado e o conhecimento químico que este modelo representa.

#### 4.3.2.1 Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio

Ao considerar os conteúdos previstos pelo CBC, identifica-se como ponto de partida para a compreensão dos constituintes moleculares e amoleculares o entendimento de como se formam as ligações iônicas e covalentes. No exemplo utilizado, prevê-se a anterior compreensão da ligação iônica, a qual tem como habilidade prevista o reconhecimento das espécies químicas (íons) constituintes das substâncias iônicas mais comuns, onde estes constituintes são reconhecidos por meio das representações das fórmulas químicas, relacionando-os aos elementos e suas posições na tabela periódica.

A representação utilizada na figura apresenta a rede cristalina do composto NaCl, na qual os átomos constituintes estão interligados numa forma regular, onde há uma interação muito forte entre todos átomos vizinhos. Considerando os conceitos necessários para interpretar esta imagem, evidencia-se a importância de se compreender como ocorre uma ligação iônica e todas as suas propriedades. Aspectos relacionados à atração e repulsão entre íons de cargas opostas são necessários para se compreender a formação da rede cristalina e como esta se organiza nas três dimensões.

Esses tópicos são previstos pelo CBC, de modo que os livros didáticos apresentam definições da ligação iônica contemplando esses conceitos, baseados na teoria de Lewis. Porém, para compreender como se forma esta estrutura e algumas propriedades destas, existem outros estudos sobre os cristais que não são aprendidos no ensino médio, sendo abordadas apenas no ensino superior. Estes serão discutidos no próximo item.

#### 4.3.2.2 Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino superior

Considerando os aspectos mencionados acima, a imagem representa a estrutura cristalina do NaCl, em que este composto iônico se organiza nesta rede cristalina devido às interações de atração e repulsão entre os íons.

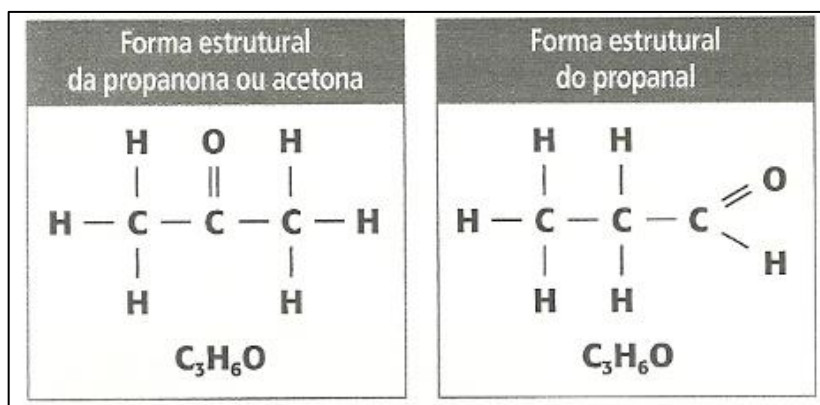
No que se refere aos estudos dos cristais, o NaCl possui estrutura cristalina cúbica, isto é, o sódio e o cloro estão arrançados na forma de um cubo, como mostra a figura. Este cubo chama-se célula unitária do NaCl onde qualquer porção deste sal pode ser representada por pilhas destes colocados lado a lado e uns sobre os outros. Esta estrutura possui um átomo no centro de cada face do cubo, sendo então chamada de estrutura cúbica de face centrada (cfc). A organização destas células unitárias formam os retículos de Bravais, onde este modelo se repete continuamente e cada íon é cercado por seis outros íons de carga oposta. O número de coordenação deste sólido iônico está relacionado ao número de íons de carga oposta que circundam o íon. A razão entre os raios dos íons (raio do íon menor/raio do íon maior) envolvidos indicará o tipo de estrutura a se esperar.

As ligações iônicas podem possuir um caráter covalente. No exemplo do NaCl(s), considera-se que, quando o ânion  $\text{Cl}^-$  se aproxima do cátion  $\text{Na}^+$  devido à atração das cargas, a nuvem eletrônica do ânion distorce-se em direção ao cátion. Esta tendência confirma um caráter covalente da ligação. No caso em que a ligação tem caráter covalente apreciável, os íons ficarão em posições específicas em volta um do outro (ATKINS, 2006).

### 4.3.3 Aspecto simbólico

O aspecto **simbólico** do conhecimento químico está relacionado às fórmulas, símbolos dos elementos químicos, equações químicas e representações gráficas (JOHNSTONE, 2000), sendo chamado também de aspecto representacional. Este aspecto completa o triângulo proposto por Johnstone (1982, 2000, 2001). Em seu trabalho, Johnstone (2000) apresenta a importância de se manipular os vértices deste triângulo, porém de uma forma que não sobrecarregue o espaço de trabalho do aluno. Por isso, aponta que a utilização deste triângulo se inicie por meio do aspecto macroscópico e depois insira o aluno no meio deste triângulo, o qual poderá então fazer as relações que este proporciona entre todos os níveis. Assim, utiliza-se como exemplo desta natureza a Figura 6.

Figura 6 – Representação da forma estrutural da propanona e do propanal.



Fonte: MÓL, G. S.; SANTOS, W.L.P. (2010, p. 272).

Esta figura mostra a fórmula estrutural da propanona e do propanal, ambas com fórmula molecular  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ , constituindo uma representação simbólica do conhecimento químico. Estas imagens estão presentes no capítulo que se refere ao conteúdo de ligação covalente, onde se utiliza como base para as explicações deste tipo de ligação a teoria do octeto. Estas fórmulas são utilizadas para representar as moléculas, onde os pares de elétrons compartilhados são substituídos por traços e os pares de elétrons não compartilhados não são representados. O objetivo é mostrar como os átomos estão arranjados, daí o nome fórmula estrutural. As duas formas estruturais indicam que, mesmo que estas substâncias sejam constituídas pelo mesmo número de átomos, a forma de organização destes pode ser diferente, conferindo a estas propriedades físicas e químicas diferentes. Essas substâncias são chamadas isômeras.

A utilização de uma imagem que represente apenas o aspecto simbólico contribui pouco para a explicação que justifica o arranjo dos átomos que constituem esta estrutura. Considera-se, portanto, de grande importância a presença deste aspecto em imagens, mas que também apresentem os aspectos macroscópico e submicroscópico sendo que a relação entre estes possibilitará uma maior compreensão do conteúdo que está sendo representado.

Na Figura 6, a representação das formas estruturais das substâncias propanona e propanal permitem apenas que o aluno observe como estas se organizam estruturalmente. Consequentemente, não se torna possível compreender como as moléculas destas substâncias se organizam e as características e diferenças entre elas. Nesse sentido, aponta-se a importância do aspecto submicroscópico estar presente nessas imagens, sendo uma dimensão que aproxima o aluno do modelo que explica a atração/interação que existe entre os átomos.

#### 4.3.3.1 Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio

Para interpretação desta imagem o aluno precisa ter conhecimento do modelo que explica como se formam as ligações covalentes a partir da Teoria de Lewis. De acordo com esta teoria, deve-se saber quantos elétrons cada átomo possui em sua camada de valência e, assim, por compartilhamento de elétrons, estes átomos adquirem configuração de gás nobre quando adquirem oito elétrons.

Sendo assim, a forma estrutural da propanona e do propanal representados na Figura 6, identificam os compartilhamentos de elétrons que ocorrem entre carbono e hidrogênio e entre carbono e oxigênio. Mesmo possuindo a mesma quantidade de átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio, estas substâncias são diferentes por apresentar grupos funcionais diferentes, sendo então chamadas de isômeros. As formas estruturais diferentes proporcionam a estas substâncias propriedades físicas e químicas diferenciadas.

As propriedades das substâncias que apresentam isomeria nem sempre são abordadas no primeiro ano do ensino médio. Geralmente estão presentes no estudo das funções orgânicas, previsto para o terceiro ano do ensino médio. Sendo assim, esta abordagem sobre isomeria para explicar as fórmulas estruturais pode ocorrer de forma muito simplista ou superficial e, assim, pode não ser compreendida pelos alunos neste momento.

A seguir, apresentam-se exemplos de imagens considerando os aspectos dimensionais do conhecimento químico juntamente com as correlações existentes entre estas dimensões, diferenciadas aos tipos com as quais estas se enquadram - fotografia, figura, gráfico e tabela (TABELA 7).



Tabela 7 – Exemplos de imagens dos diversos tipos considerando o aspecto dimensional que representam.

(continua)

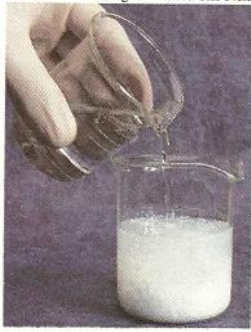
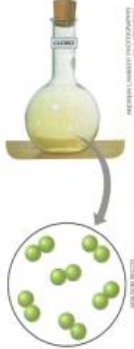
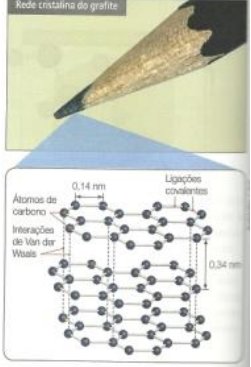
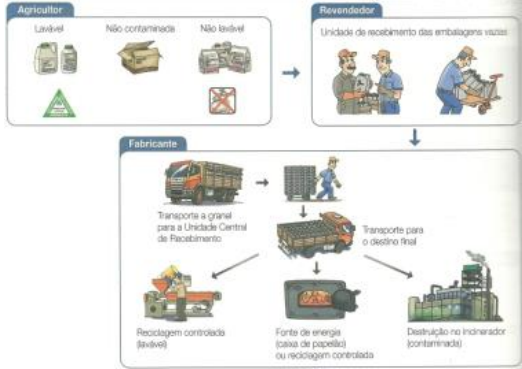
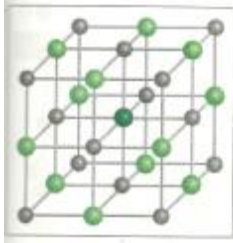

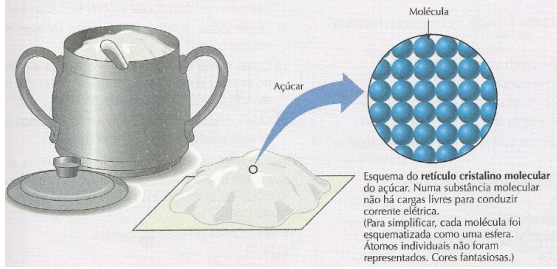
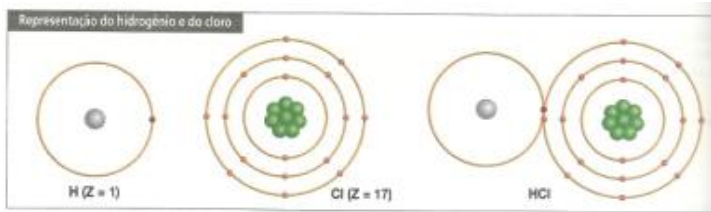
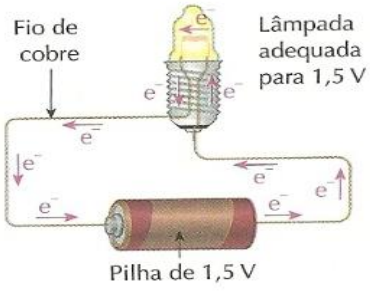
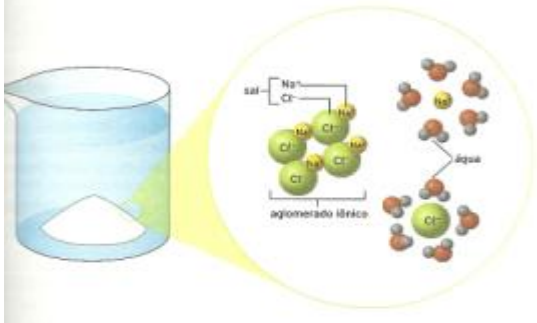
Fotografia		
Macroscópico	Macrosubmicroscópico	Macrosubmicrosimbólico
 <p>FONSECA, M. R. M. (2010, p.351)</p>	 <p>PERUZZO, F. M., CANTO, E. L. (2011, p. 150)</p>	 <p>MÓL, G. S.; SANTOS, W. L. P (2010, p.280)</p>
Descrição química		
<p>Representação da precipitação do cloreto de prata (<math>\text{AgCl}_{\text{sólido}}</math>), composto iônico praticamente insolúvel em água.</p>	<p>Representação das moléculas da substância gás cloro (<math>\text{Cl}_2_{\text{gasoso}}</math>).</p>	<p>Representação da substância grafite (<math>\text{C}_{\text{sólido}}</math>) e do modelo que explica a ligação entre os átomos de carbono e as interações de Van der Waals entre os planos que a compõe.</p>
Dimensão da Representação		
<p>Percepção macroscópica do fenômeno.</p>	<p>Nesta representação foi considerando o aspecto macroscópico (evidência da presença da substância) e submicroscópico (representação das moléculas que constituem o gás cloro).</p>	<p>Nesta representação foi considerado o aspecto macroscópico (grafite do lápis), submicroscópico (representação dos átomos de carbono formando a rede cristalina) e simbólico (indicação dos elementos constituintes).</p>
Figura		
Não classifica	Submicroscópico	Simbólico
 <p>MÓL, G. S.; SANTOS, W. L. P (2010, p. 254)</p>	 <p>MÓL, G. S.; SANTOS, W. L. P (2010, p. 273)</p>	 <p>MÓL, G. S.; SANTOS, W. L. P (2010, p. 272)</p>

Tabela 7 – Exemplos de imagens dos diversos tipos considerando o aspecto dimensional que representam


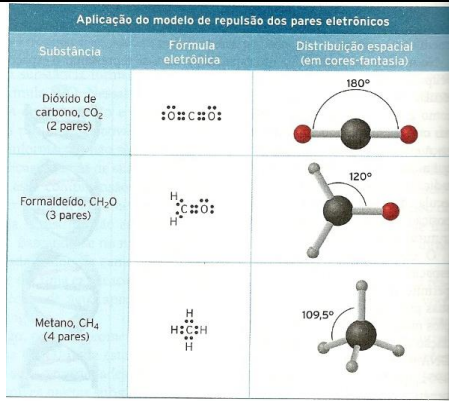
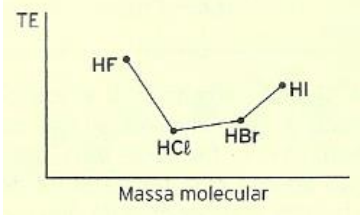
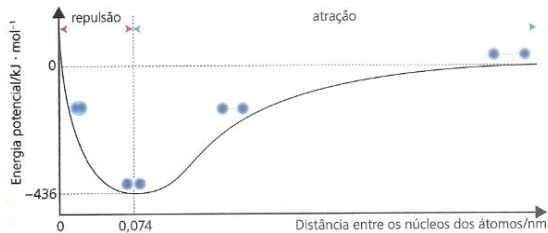
(continua)

Descrição química		
Não há descrição química para a imagem.	Representação do modelo da rede cristalina do composto $\text{NaCl}_{(s)}$ , apontando um padrão que se repete por todo o cristal.	Representação da fórmula estrutural do composto propanona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ).
Descrição da Representação		
Esta representação não apresentou nenhuma dimensão do conhecimento químico, sendo um desenho instrucional.	Nesta representação foi considerado o aspecto submicroscópico, pois representam os íons formadores da rede cristalina do composto e suas interações.	Nesta representação foi considerado apenas o aspecto simbólico, evidenciando os elementos constituintes desse composto.
Macrosubmicroscópico	Submicrosimbólico	
 <p>PERUZZO, F. M., CANTO, E. L. (2011, p. 161)</p>	 <p>MÓL, G. S.; SANTOS, W. L. P (2010, p. 270)</p>	
Descrição química		
Representação da substância açúcar e do modelo que explica o retículo cristalino molecular desta, onde não há cargas livres para conduzir corrente elétrica.	Representação do modelo do compartilhamento de elétrons entre os átomos de hidrogênio e cloro, utilizado para explicar a formação da ligação covalente.	
Descrição da Representação		
Nesta representação foram considerados os aspectos macroscópico (açúcar) e submicroscópico (molécula de açúcar, formando o retículo cristalino).	Nesta representação foram considerados o aspecto submicroscópico (elétrons e prótons de cada átomo) e simbólico (identificação dos constituintes da imagem).	
Macrosimbólico	Macrosubmicrosimbólico	
 <p>PERUZZO, F. M., CANTO, E. L. (2011, p. 156)</p>	 <p>LISBOA, J. C. F. (2012, p. 185)</p>	
Descrição química		
Representação de um circuito elétrico e do modelo do fluxo de elétrons, constituindo uma corrente elétrica.	Representação da substância cloreto de sódio em água ( $\text{NaCl}_{aq}$ ), e do modelo que explica o processo de solvatação, onde os íons ficam rodeados por moléculas de água. Esta representação pode explicar o processo de condução de corrente elétrica em soluções aquosas de substâncias iônicas.	

Fonte: Do autor.

Tabela 7 – Exemplos de imagens dos diversos tipos considerando o aspecto dimensional que representam.

(conclusão)

Descrição da Representação																																			
Nesta representação foram considerados o aspecto macroscópico (lâmpada e pilha) e simbólico (indicação dos elementos constituintes).	Nesta representação foram considerados o aspecto macroscópico (sal em água), submicroscópico (molécula de água e íons $\text{Na}^+$ e $\text{Cl}^-$ ) e simbólico (indicação dos elementos constituintes).																																		
Tabela																																			
Simbólico	Submicrosimbólico																																		
 <p>VALORES DE ELETRONEGATIVIDADE DOS ÁTOMOS DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>Eletronegatividade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>F</td><td>3,98</td></tr> <tr><td>D</td><td>3,44</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>3,16</td></tr> <tr><td>N</td><td>3,04</td></tr> <tr><td>Br</td><td>2,96</td></tr> <tr><td>I</td><td>2,66</td></tr> <tr><td>S</td><td>2,58</td></tr> <tr><td>C</td><td>2,55</td></tr> <tr><td>H</td><td>2,20</td></tr> <tr><td>Fr</td><td>0,7</td></tr> </tbody> </table> <p>MÓL, G. S.; SANTOS, W. L. P (2010, p. 282)</p>	Elemento	Eletronegatividade	F	3,98	D	3,44	Cl	3,16	N	3,04	Br	2,96	I	2,66	S	2,58	C	2,55	H	2,20	Fr	0,7	 <p>Aplicação do modelo de repulsão dos pares eletrônicos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Fórmula eletrônica</th> <th>Distribuição espacial (em cores-fantasia)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dióxido de carbono, <math>\text{CO}_2</math> (2 pares)</td> <td><math>\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}</math></td> <td><math>180^\circ</math></td> </tr> <tr> <td>Formaldeído, <math>\text{CH}_2\text{O}</math> (3 pares)</td> <td><math>\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{H} \end{array} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}</math></td> <td><math>120^\circ</math></td> </tr> <tr> <td>Metano, <math>\text{CH}_4</math> (4 pares)</td> <td><math>\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}</math></td> <td><math>109,5^\circ</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>LISBOA, J. C. F. (2012, p. 208)</p>	Substância	Fórmula eletrônica	Distribuição espacial (em cores-fantasia)	Dióxido de carbono, $\text{CO}_2$ (2 pares)	$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	$180^\circ$	Formaldeído, $\text{CH}_2\text{O}$ (3 pares)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{H} \end{array} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	$120^\circ$	Metano, $\text{CH}_4$ (4 pares)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$109,5^\circ$
Elemento	Eletronegatividade																																		
F	3,98																																		
D	3,44																																		
Cl	3,16																																		
N	3,04																																		
Br	2,96																																		
I	2,66																																		
S	2,58																																		
C	2,55																																		
H	2,20																																		
Fr	0,7																																		
Substância	Fórmula eletrônica	Distribuição espacial (em cores-fantasia)																																	
Dióxido de carbono, $\text{CO}_2$ (2 pares)	$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{C}}\text{:}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	$180^\circ$																																	
Formaldeído, $\text{CH}_2\text{O}$ (3 pares)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{C} \\   \\ \text{H} \end{array} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	$120^\circ$																																	
Metano, $\text{CH}_4$ (4 pares)	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$109,5^\circ$																																	
Descrição química																																			
Representação de dados de eletronegatividade de alguns elementos químicos.	Representação de dados do modelo de repulsão dos pares eletrônicos, considerando exemplos de algumas substâncias, suas fórmulas eletrônicas e distribuição espacial.																																		
Descrição da Representação																																			
Nesta representação foi considerado o aspecto simbólico por indicar símbolos dos elementos químicos e seus respectivos valores de eletronegatividade.	Nesta representação foi considerado o aspecto submicroscópico (elétrons nas fórmulas eletrônicas e átomos representados na distribuição espacial) e simbólico (símbolos dos elementos).																																		
Gráfico																																			
Simbólico	Submicrosimbólico																																		
 <p>TE</p> <p>HF, HCl, HBr, HI</p> <p>Massa molecular</p> <p>LISBOA, J. C. F. (2012, p. 229)</p>	 <p>repulsão</p> <p>atração</p> <p>Energia potencial/<math>\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}</math></p> <p><math>-436</math></p> <p><math>0</math>, <math>0,074</math></p> <p>Distância entre os núcleos dos átomos/nm</p> <p>FONSECA, M. R. M. (2010, p. 271)</p>																																		
Descrição química																																			
Representação gráfica da temperatura de ebulição de hidretos de halogênios em função de suas massas moleculares.	Representação gráfica de um diagrama de energia potencial versus distância internuclear para o modelo de formação da molécula de hidrogênio, observando os momentos de repulsão e atração dos átomos.																																		
Descrição da Representação																																			
Nesta representação foi considerado o aspecto simbólico por meio da identificação das substâncias envolvidas.	Nesta representação foi considerado o aspecto submicroscópico (representação dos átomos de hidrogênio) e simbólico (identificação dos constituintes do gráfico).																																		

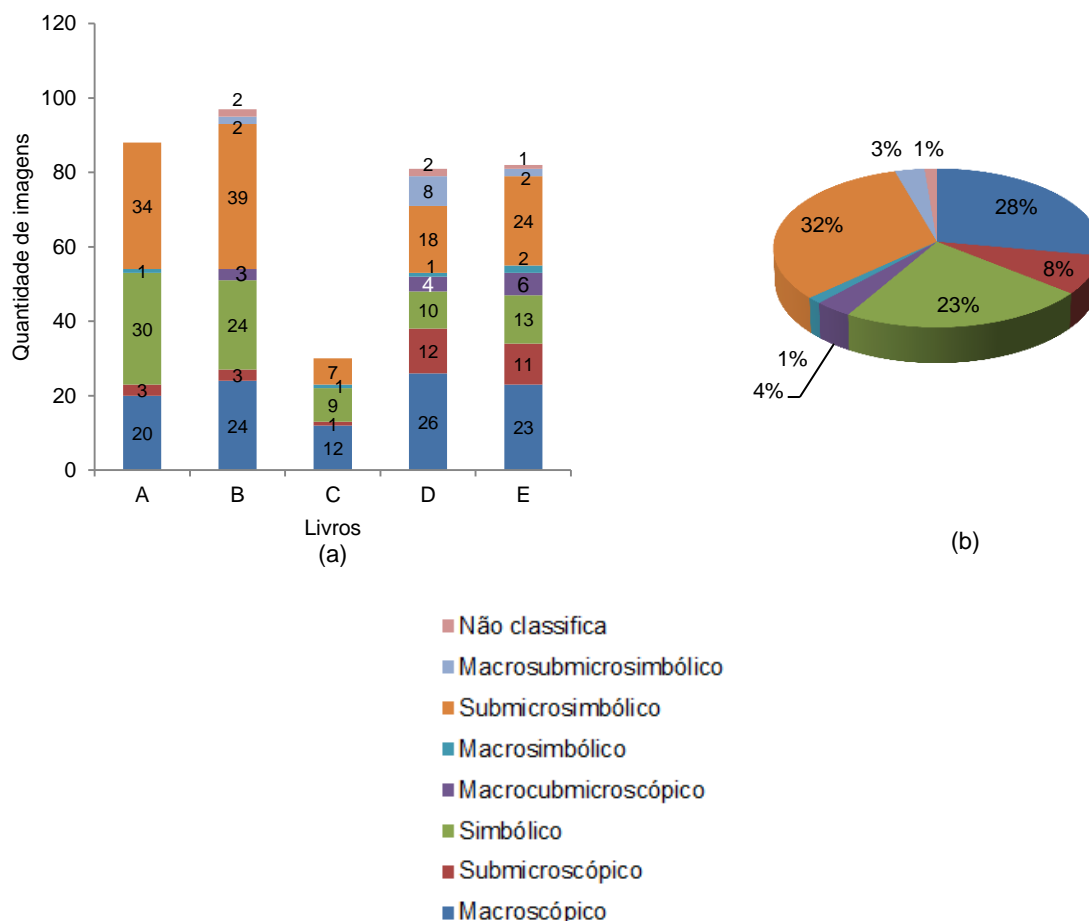
Considerando os exemplos citados e suas descrições, é possível identificar quais as naturezas dimensionais estão representadas nas imagens. Utilizou-se destas considerações para as classificações e quantificações das imagens.

A categorização das imagens em relação às representações dimensionais do conhecimento químico apresentadas está relacionada na Figura 7. Os dados foram coletados por dois árbitros de forma independente, onde as classificações divergentes foram desconsideradas, conforme explicitado na metodologia deste trabalho, as quais não foram computadas nas análises realizadas posteriormente.

Assim, para validar os dados em concordância, utilizou-se o método estatístico Kappa, sendo os dados obtidos por dois árbitros inseridos no *software*. O valor encontrado por meio deste método para as 399 imagens categorizadas foi 0,925, onde, pela literatura, valores próximos a 1 revelam alto grau de concordância entre os árbitros. Das 399 imagens analisadas, 5,3% foram desconsideradas, somando então um total de 378.

Os resultados desta análise permitem a observação de que as representações visuais destas obras são de caráter macroscópico (28%) e submicrosimbólicos (32%) em detrimento as outras subcategorias (FIGURA 7).

Figura 7 – (a) Representação gráfica da quantidade de imagens em relação ao aspecto dimensional representada em cada livro didático.  
 (b) Total de imagens em relação ao aspecto dimensional representado.



Fonte: Do autor

Pensando no conteúdo em questão, o aspecto submicrosimbólico apresenta uma maior capacidade de representar os modelos envolvidos na explicação das ligações químicas, pois apresentam como constituintes átomos, íons e elétrons que são de grande importância para a compreensão das propriedades das substâncias.

O aspecto macroscópico também apresenta grande destaque nas representações devido à sua grande quantidade, porém, estas representações sem a presença dos outros aspectos dimensionais não conseguem explicar os modelos de ligações químicas. Sendo assim, destaca-se que estas imagens possuem o papel de introduzir modelos importantes,

porém, necessitam de outras explicações para que se possa compreender o que estas estão representando.

Relacionando as imagens quanto ao tipo à que pertencem (fotografia, figura, gráfico e tabela), tem-se a seguinte tabela:

Tabela 8 – Dimensões do conhecimento químico relacionados aos tipos de imagens.

<b>Categoria</b>	<b>Fotografia</b>	<b>Figura</b>	<b>Gráfico</b>	<b>Tabela</b>	<b>Total</b>
<b>Macroscópico</b>	98	7	0	0	<b>105</b>
<b>Submicroscópico</b>	0	33	0	0	<b>33</b>
<b>Simbólico</b>	0	38	3	42	<b>83</b>
<b>Macrosimbólico</b>	10	4	0	0	<b>14</b>
<b>Macrosubmicroscópico</b>	1	1	0	1	<b>3</b>
<b>Submicrosimbólico</b>	0	99	1	15	<b>115</b>
<b>Macrosubmicrosimbólico</b>	5	14	0	0	<b>19</b>
<b>Não classifica</b>	1	5	0	0	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>201</b>	<b>4</b>	<b>58</b>	<b>378</b>

Fonte: Do autor

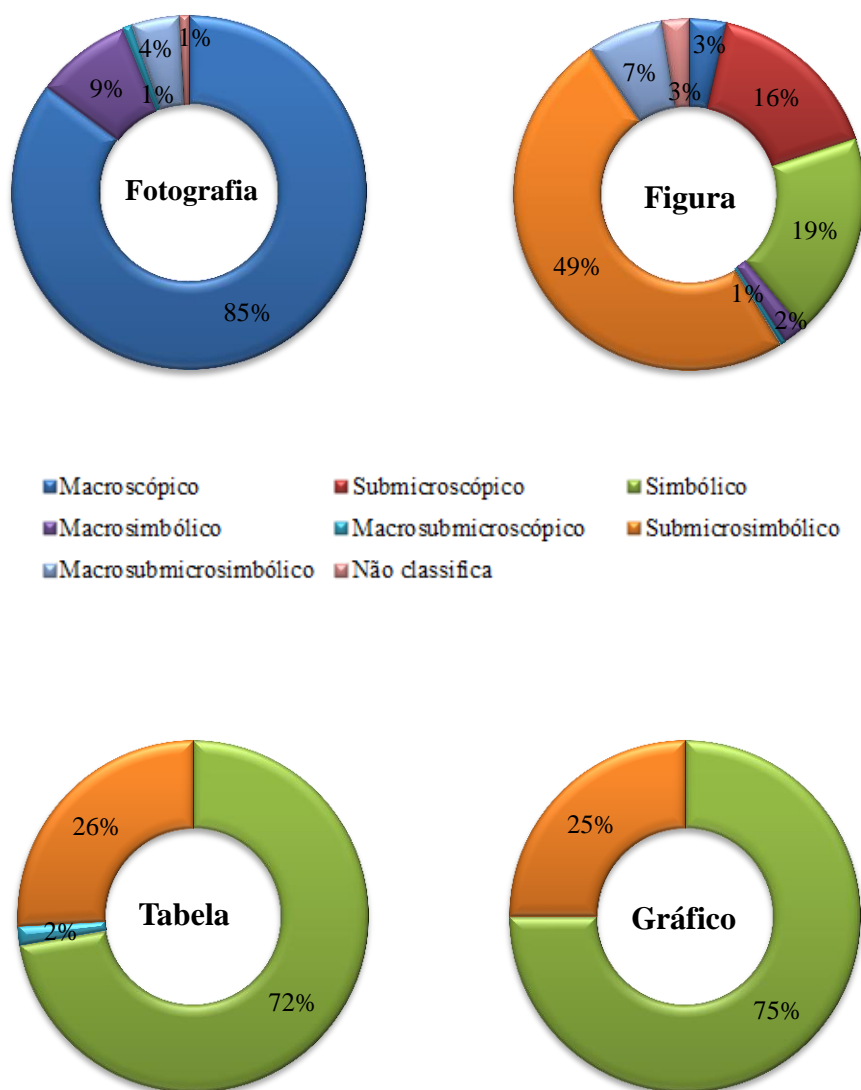
Conforme apontado anteriormente, as imagens em maior quantidade nos livros analisados foram classificadas como macroscópicas e submicrosimbólicas. Assim, pode-se dizer que aquelas que possuem aspecto macroscópico são em sua maioria do tipo fotografia, representando 85% das pertencentes deste grupo. Da mesma maneira, as imagens com aspecto submicrosimbólico são, em sua maioria, do tipo figura, representando 49% das imagens pertencentes a este grupo.

As imagens do tipo figura são as que possuem maior variação quanto às dimensões do conhecimento químico, apresentando exemplos de todos os aspectos. Isso talvez ocorra porque são imagens criadas, modeladas, podendo então ter uma maior amplitude, abrangendo todos os aspectos possíveis. Já as imagens que apresentam o aspecto macroscópico são em maior quantidade do tipo fotografia.

Estas geralmente são obtidas em bancos de imagens que são utilizadas para representar aspectos visíveis do conhecimento químico, visto a importância de se relacionar os conceitos teóricos primeiramente aos aspectos presentes no cotidiano do homem. Porém, a grande quantidade destas imagens não faz com que estas tenham alto potencial no ensino, pois quando estas não estão relacionadas aos aspectos submicroscópico e simbólico, não exercem o papel que uma imagem poderia apresentar a partir do que esta representa. Isso vale também

para as imagens que apresentam somente os aspectos simbólico ou submicroscópico. Estas considerações estão apresentadas na Figura 8.

Figura 8 – Representações gráficas das quantificações dos tipos de imagens relacionadas às dimensões do conhecimento químico.



Fonte: Do autor

Considerando os exemplos apresentados e todo o acervo de representações visuais do conteúdo de ligações químicas, pode-se dizer que a imagem que apresenta apenas uma dimensão do conhecimento químico pode não ser totalmente representativa para este conteúdo

químico, sendo assim, leva-se em consideração as demais relações entre estas dimensões, como foi apresentado acima.

#### 4.4 CATEGORIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO QUANTO À PRESENÇA E PROPRIEDADES DAS LEGENDAS

A presença de uma legenda em uma imagem é de grande importância no processo de compreensão do que esta representa. Uma legenda tem função de trazer aspectos relevantes para interpretação da imagem, objetivando uma explicação, descrição ou investigação. Gktizia (2010) mostra que o uso destas categorias deve ser apropriado ao problema em questão, ou seja, o tipo de legenda utilizada deve ter um foco específico, que vise sempre a compreensão desta imagem, tendo como intuito dar autonomia a imagem, deixando claro o conteúdo que esta representa.

Uma legenda pode ter **caráter explicativo** – quando a legenda traz uma explicação da imagem, de fenômenos ou aspectos que podem ser observados na sua interpretação, relacionando a algum aspecto do conteúdo representado, **caráter descritivo** – quando a legenda apenas descreve elementos representados na imagem, **caráter investigativo** – quando a legenda traz algum questionamento do conteúdo que pode ser investigado na imagem, colocando o sujeito observador a pensar para interpretar o que a imagem representa (GKITZIA, 2010).

Há também imagens que não apresentam legenda, as quais podem ter sua explicação, descrição ou investigação no decorrer do texto da qual esta está relacionada. Porém, há imagens que não possuem legenda e nem estão relacionadas ao texto, apenas estão preenchendo parte do texto sem muitas vezes estar se referindo a este. Este tipo de imagem será discutido posteriormente.

Vale ressaltar que a presença de uma legenda não dispensa que essa imagem seja discutida ao longo do texto, para que assim o aluno seja direcionado a imagem com o intuito de relacioná-la aos fatos ou acontecimentos descritos no texto.

A seguir tem-se exemplos de imagens que apresentam os tipos de legendas descritas:





Tabela 9: Exemplos dos tipos de legendas que acompanham as imagens.



(continua)

**Explicativa:**

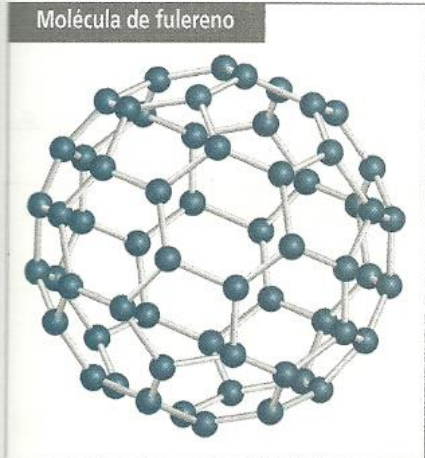
**Rede cristalina do diamante**

**Rede cristalina de quartzo**

**Molécula de fulereno**



Nos **sólidos reticulares** (constituintes amoleculares), os átomos estão interligados continuamente, de forma que o constituinte não é uma entidade isolada, como acontece na molécula.

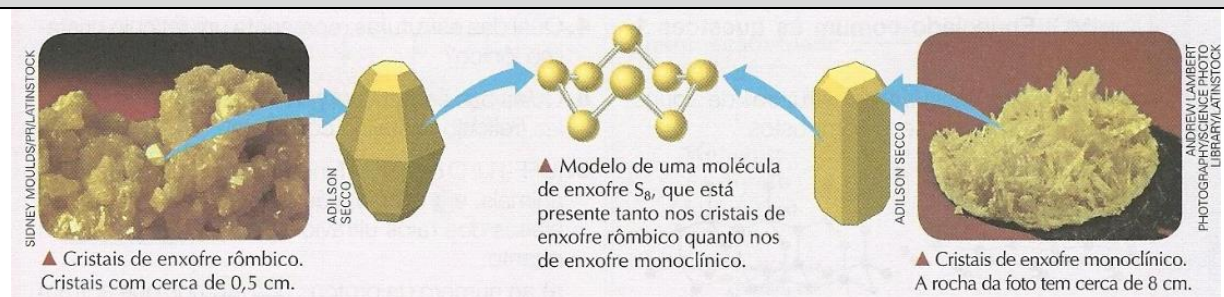
Observe a diferença entre um constituinte molecular e um amolecular. Enquanto no **fulereno** identificamos um grupo de átomos que constituem uma entidade independente, composta por 60 átomos de carbono, o constituinte do quartzo e do diamante é formado por uma rede de átomos interligados, cujo limite é a extensão do corpo do cristal.

Fonte: MÓL, G. S.; SANTOS, W.L.P. ( 2010, p. 275)

Tabela 9: Exemplos dos tipos de legendas que acompanham as imagens

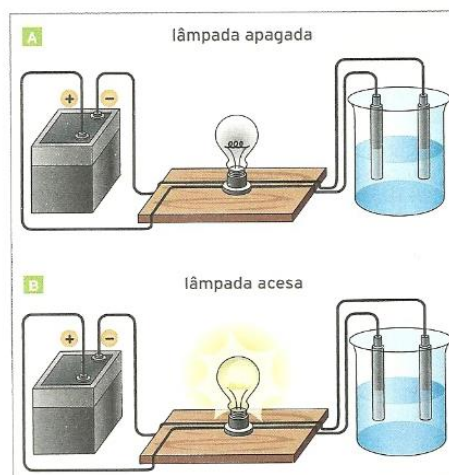
(continua)

**Descrição:** A última imagem representa a molécula de fulereno, uma forma alotrópica do carbono. Nesta, os átomos de carbono se ligam a diversos átomos vizinhos, formando uma estrutura final, neste caso por 60 átomos de carbono caracterizando uma entidade isolada. A legenda explica o que pode ser observado na imagem relacionando esta ao texto que a acompanha e às primeiras imagens apresentadas, onde há comparação entre os constituintes moleculares e amoleculares.

**Descritiva:**

Fonte: PERUZZO, F. M.; CANTO, E.L. (2011, p. 187)

**Descrição:** A imagem representa formas alotrópicas do enxofre, considerando os cristais de enxofre com estruturas rômboica e monoclinica. As duas formas representadas possuem a molécula de enxofre  $S_8$ . A legenda presente apenas descreve elementos constituintes da imagem.

**Investigativa:**

▲ Observe, no esquema acima, a reprodução, em cores-fantasia, de dois experimentos envolvendo soluções moleculares e iônicas. Em qual deles a solução é iônica? O que comprova a condutibilidade elétrica da solução iônica?

Fonte: LISBOA, J.C.F. (2012, p. 191)

Tabela 9: Exemplos dos tipos de legendas que acompanham as imagens

(conclusão)

**Descrição:** A imagem trata do conteúdo de dissolução de substâncias em água. A legenda investigativa, neste caso, interroga em qual caso a solução utilizada tem caráter iônico, visando com a resposta fazer uma relação com a condutibilidade elétrica de uma substância iônica.

Fonte: Do autor.

A partir da análise realizada, tem-se a Tabela 10 na qual são apresentadas as quantificações das imagens quanto ao tipo de legenda que possuem.

Tabela 10 – Quantificação dos tipos de legendas presentes nas imagens analisadas.

Tipo de Legenda	Livro					Total
	A	B	C	D	E	
Explicativa	3	53	11	28	20	115
Descritiva	20	3	18	25	45	111
Investigativa	0	1	0	1	1	3
Sem legenda	65	40	1	27	16	149
<b>Total</b>	88	97	30	81	82	378

Fonte: Do autor

Ao observar a Tabela 10, pode-se dizer que as imagens que possuem legendas explicativas e descritivas apresentam grande destaque em suas quantidades. Porém, em relação ao número total de imagens, as que não apresentam legendas estão em maior quantidade, representando 39% do total.

No livro A, o número de imagens que não apresentam legenda prevalece sobre as que apresentam algum tipo de legenda, já nos livros B e D as legendas do tipo explicativa estão as em maior quantidade e nos livros C e E prevalecem as legendas do tipo descritiva. Este grande número de imagens sem legenda pode ser um indicativo de que estas estão desvinculadas ou não relacionadas ao texto, o que desfavorece a compreensão do que a imagem está representando.

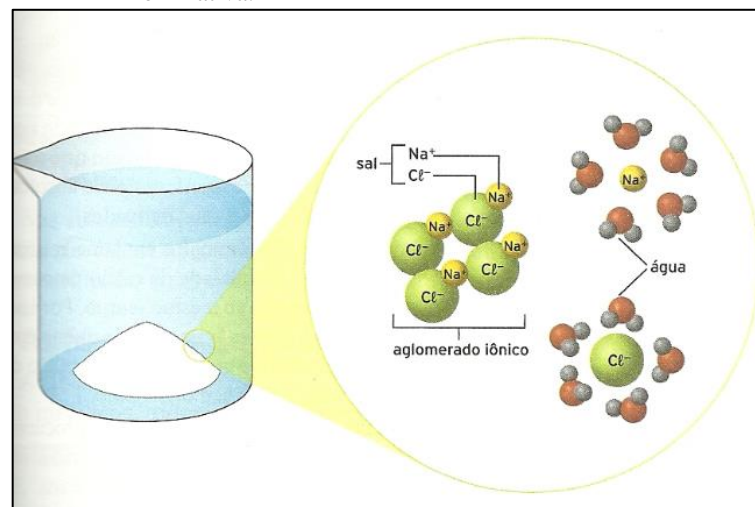
## 4.5 QUANTIFICAÇÃO QUANTO À PRESENÇA E PROPRIEDADES DAS ETIQUETAS/RÓTULOS

A presença de uma etiqueta é muito importante para a interpretação de uma imagem no ponto que esta auxilia na identificação de elementos presentes e, às vezes, esta etiqueta pode substituir uma legenda. As imagens podem apresentar etiquetas de três tipos: **Nominativa** – letras e palavras que identificam alguns elementos da imagem, **Relacional** – textos que descrevem as relações entre os elementos da ilustração e **Sem etiqueta** (PERALES E JIMÉNEZ, 2002).

### 4.5.1 Etiqueta nominativa

A Figura 9 representa uma imagem que possui o tipo de etiqueta **nominativa**. Esta imagem está categorizada como macrosimbólica, por apresentar o aspecto macroscópico (béquer com sal e água), aspecto submicroscópico (representação dos íons sódio e cloro e moléculas de água) e aspecto simbólico (símbolo dos íons sódio e cloro e a indicação do aglomerado iônico e a água).

Figura 9 – Representação de uma imagem que possui etiqueta do tipo nominativa.



Fonte: LISBOA, J.C.F. (2012, p. 185).

O aspecto simbólico está aqui diretamente relacionado à presença da etiqueta do tipo nominativa, ou seja, esta etiqueta tem a função de indicar os elementos presentes na imagem, que no caso são os íons e também à identificação do sal e da água. A presença desta etiqueta é de grande importância para a compreensão do que está sendo representado nesta imagem, a qual está relacionada ao conceito de dissolução de uma substância iônica em água.

#### 4.5.1.1 Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio

As substâncias iônicas são parte do conteúdo de ligações iônicas, previsto pelo CBC. A dissolução de uma substância iônica em água requer a compreensão de como ocorre uma ligação iônica, além de que, os sólidos iônicos são formados por redes cristalinas tridimensionais de alta ordem. Isto ocorre devido à alta atração entre os íons positivos e negativos, que conferem ao sólido, uma estrutura cristalina.

Muitas dessas substâncias quando colocadas em água se dissociam rompendo a rede cristalina, levando à solução, íons positivos e negativos. Para que isto ocorra, a água, composto polar, interage com os íons de forma específica, onde seu polo positivo interage com o ânion e seu polo negativo com o cátion. Consequentemente, a solução obtida é uma forte condutora de eletricidade.

Para que o aluno compreenda o processo de dissolução, é preciso que este também entenda os conceitos relacionados à polaridade das moléculas, como foi discutido na Figura 4 (p. 47), pois estes conhecimentos anteriores auxiliarão o aluno na compreensão e interpretação da imagem.

#### 4.5.2. Etiqueta relacional

Uma etiqueta do tipo **relacional** tem a função de descrever alguma relação entre os elementos de uma representação. Como exemplo deste tipo de etiqueta apresenta-se a Figura 10, a qual representa um modelo de ligação metálica. Este modelo esquematiza um mar de elétrons para a prata metálica, o qual representa um tipo de imagem com dimensão

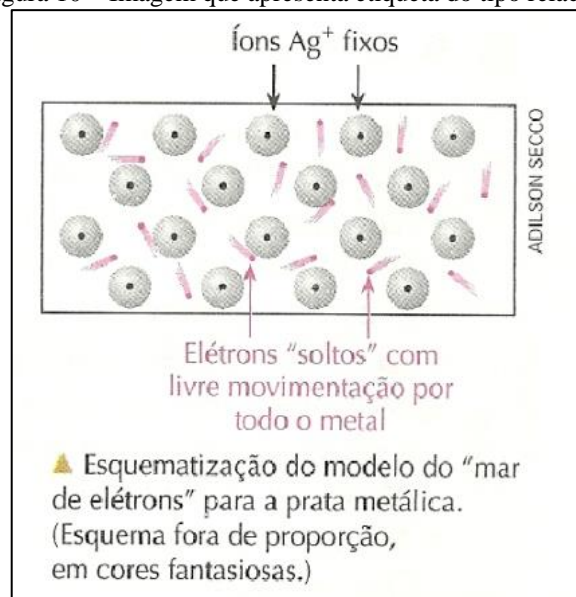


submicrosimbólica. O aspecto submicroscópico está presente na representação dos íons prata e dos elétrons e o aspecto simbólico está na indicação nominal destes. Pode-se dizer que o aspecto simbólico aqui se encontra relacionado à presença das etiquetas, neste caso, do tipo relacional. Esta etiqueta faz uma breve explicação dos elementos dessa imagem quando diz “Elétrons ‘soltos’ com livre movimentação por todo o metal”.

A teoria envolvida nesta imagem será discutida na seção que abordará a análise semiótica das imagens presentes nos capítulos de ligações químicas, onde serão apresentados alguns aspectos importantes desta teoria para compreensão de como são formadas as ligações metálicas.

Do total de imagens, 28,3% apresentam etiqueta do tipo relacional, somando 107 imagens, como aponta a Tabela 10.

Figura 10 – Imagem que apresenta etiqueta do tipo relacional.

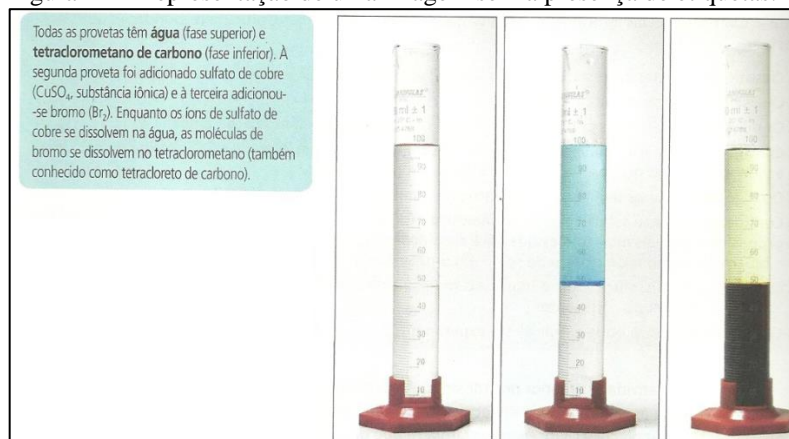


Fonte: PERUZZO, F. M.; CANTO, E.L. (2011, p. 157).

#### 4.5.3 Sem etiqueta

Algumas figuras não apresentam nenhuma etiqueta. É o caso da Figura 11, a qual não possui nenhuma indicação de elementos presentes na imagem. Este tipo de imagem geralmente possui uma legenda explicativa que tenta substituir o uso da etiqueta.

Figura 11 – Representação de uma imagem sem a presença de etiquetas.



Fonte: MÓL, G. S.; SANTOS, W.L.P. (2010, p. 298).

Esta imagem representa o processo de solubilidade e polaridade, como no exemplo discutido nos aspectos dimensionais do conhecimento químico (FIGURA 4, p.47). Mesmo que a explicação das fases apresentadas em cada proveta esteja presente no texto que acompanha a imagem ou na própria legenda, a presença de etiquetas auxiliaria ainda mais na compreensão desta, fazendo uma melhor conexão entre texto e imagem. As quantificações realizadas encontram-se na Tabela 11.

Tabela 11 – Categorização e quantificação das imagens em relação à presença de etiquetas.

Tipo de Etiqueta	Livro					Total
	A	B	C	D	E	
Nominativa	16	36	8	19	25	104
Relacional	16	39	7	29	16	107
Sem Etiqueta	56	22	15	33	41	167
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>97</b>	<b>30</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>378</b>

Fonte: Do autor.

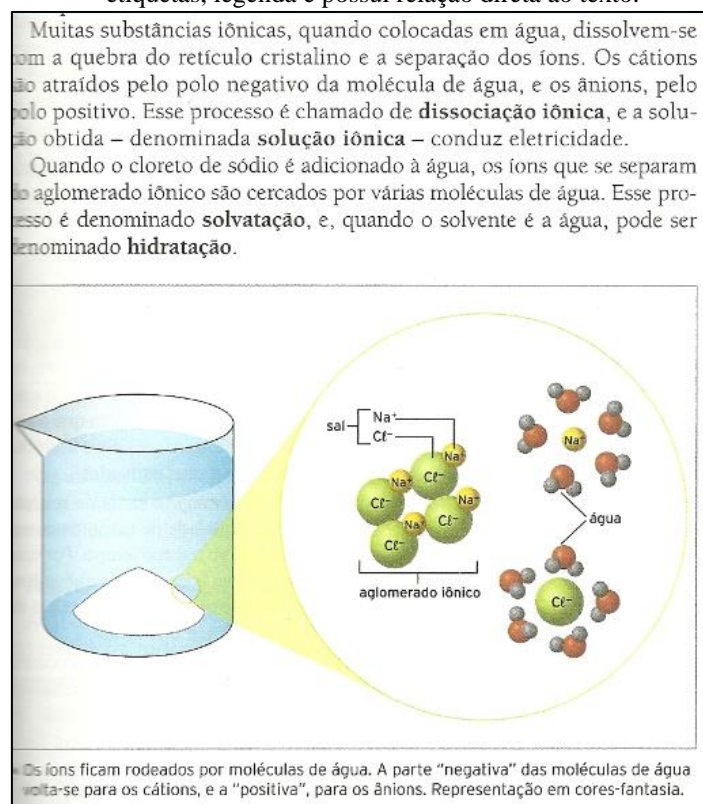
Diante das imagens analisadas, tem-se que 27,5% apresentam etiquetas do tipo nominativa, 28,3% do tipo relacional e 44,2% não apresentam nenhuma etiqueta. A maior parte das imagens que apresenta algum tipo de etiqueta (nominal ou relacional) estão presentes no livro B, representando 35,5% destas. Os livros A, C, D e E apresentam mais imagens sem etiqueta em relação às etiquetas nominais ou relacionais.

Pode-se dizer que a presença de etiquetas para a interpretação de uma imagem é muito importante, pois como no exemplo da Figura 11, a falta da etiqueta pode levar o aluno a não

identificar as fases formadas na primeira proveta, mesmo que estas estejam identificadas na legenda. Na segunda proveta, por exemplo, o aluno pode achar que a fase azul contém apenas uma substância. Nesse sentido, a presença de etiquetas que identifiquem o que está sendo representado na imagem pode facilitar sua compreensão, de modo a auxiliar a aprendizagem.

Como no exemplo utilizado para etiquetas do tipo nominal (FIGURA 9, p.67), observa-se que estas tem o papel de identificar o que está sendo representado na figura. Analisando a imagem juntamente com seu texto, observa-se que o que está sendo descrito no texto se relaciona diretamente com o que está sendo representado na imagem. O texto descreve que na dissociação do NaCl, os íons se separam do aglomerado iônico e são cercados pelas moléculas de água. A legenda explica que a parte negativa da molécula da água volta-se para os cátions e a parte positiva volta-se para os ânions. As etiquetas presentes nesta imagem identificam os íons presentes na solução e também as moléculas de água, que interagem com estes íons. Com todas estas informações, a imagem ganha um grande potencial para auxiliar a compreensão do que está sendo representado.

Figura 12 – Representação de uma imagem e seu texto que apresentam etiquetas, legenda e possui relação direta ao texto.



Fonte: LISBOA, J.C.F. (2012, p. 185).



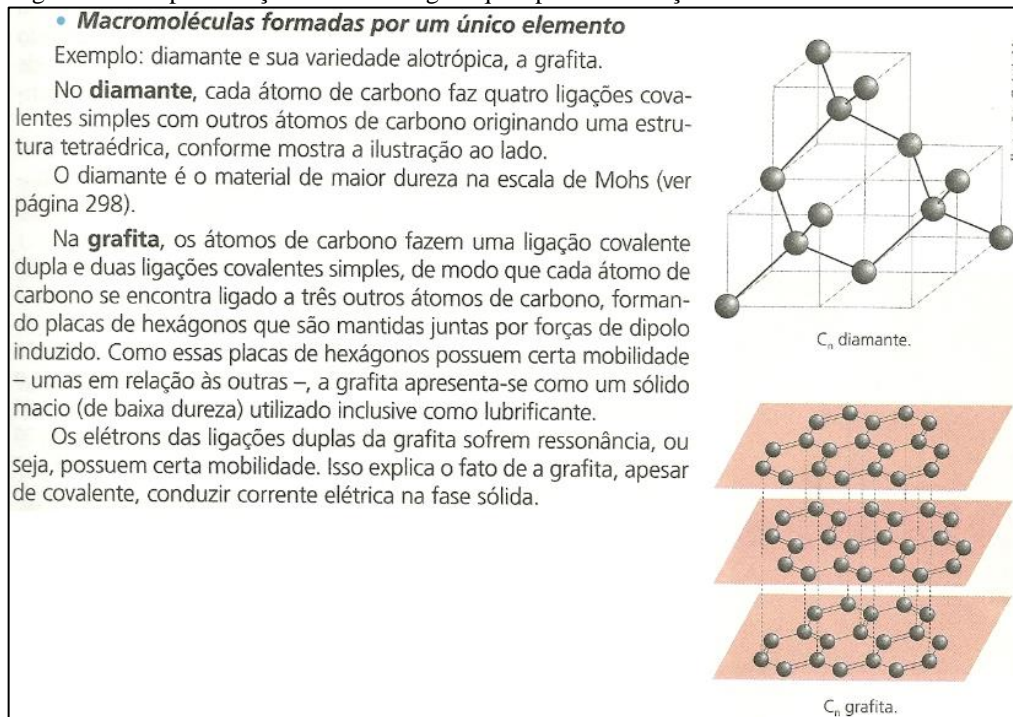
## 4.6 QUANTIFICAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DAS IMAGENS QUANTO AS SUAS RELAÇÕES COM O TEXTO

As análises aqui apresentadas se referem ao grau de relação que uma imagem apresenta com o texto que a acompanha. Os tipos de relações entre imagem e texto possíveis são: **relação direta**, **relação indireta** e **não relacionada** (OTERO, 2002; GKTIZIA, 2010). Imagens que possuem uma **relação direta** com o texto apresentam exatamente o que este diz, sendo então constituinte essencial para compreensão deste texto. A **relação indireta** diz respeito a imagens que mostram o assunto que o texto trata, mas não exatamente o que este diz, podendo ter uma ação complementar ao texto. Já imagens que não fazem relação nenhuma com o texto pertencem à categoria **não relacionada**, onde são apenas imagens ilustrativas daquele tópico, página ou capítulo, não proporcionando nenhum auxílio para compreensão do texto.

### 4.6.1 Relação direta

Representa-se na Figura 13 uma imagem que possui uma relação direta com o texto. Esta imagem está contida no capítulo que aborda o estudo das macromoléculas.

Figura 13 – Representação de uma imagem que apresenta relação direta com o texto.



Fonte: FONSECA, M. R. M. (2010, p. 295).

As imagens que acompanham esse texto representam o aspecto submicroscópico do conhecimento químico, se referindo diretamente ao que o texto aborda. Nestas, o aspecto submicroscópico representa o modelo das estruturas assumidas pelas formas alotrópicas do carbono, e assim, permitem compreender que estas estruturas dão características diferentes a estas macromoléculas.

Há, porém, a falta de etiquetas e legendas que auxiliem ainda mais a interpretação dessas imagens, permitindo um complemento à explicação do texto. O aspecto macroscópico associado a estas imagens completaria o triângulo de Johnstone, e assim, o processo de interpretação destas seria mais facilmente alcançado. Este aspecto poderia ser abordado, por exemplo, por meio de fotografias destas substâncias.

4.6.1.1 Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio

O texto aborda o conteúdo de macromoléculas, utilizando como exemplo o átomo carbono em suas duas formas alotrópicas, grafite e diamante. A explicação para esse conceito

está pautada na formação da ligação covalente entre os átomos de carbono. No diamante, por exemplo, se formam quatro ligações covalentes entre os átomos de carbono, originando uma estrutura tetraédrica. Já para o grafite, há formação de uma ligação covalente dupla e duas ligações covalentes simples entre os átomos de carbono, formando placas de hexágonos que interagem umas com as outras por forças de dipolo induzido, mantendo sua estrutura lamelar.

Considerando a formação do grafite, é preciso que o aluno apresente conhecimento anterior sobre as forças de dipolo induzido. Este conceito está presente no conteúdo de forças intermoleculares, o qual é previsto pelo CBC.

As forças de dipolo induzidos possuem fraca intensidade, ocorrendo entre moléculas apolares ou entre átomos de gases nobres. Há uma repulsão quando estas moléculas se aproximam, gerando um movimento dos elétrons, os quais se acumulam numa única região da molécula ou do átomo onde a região oposta fica deficiente de carga negativa e assim o dipolo é criado. Este dipolo induz outras moléculas ou átomos a formarem dipolos também, mantendo uma pequena força de atração entre elas. Esta força de atração elétrica é que mantém as placas de hexágonos de carbono juntas no grafite (FONSECA, 2010).

A interpretação desta imagem só será possível se o aluno possuir, então, conhecimento sobre a formação da ligação covalente e de dipolos induzidos. Isso ressalta que, mesmo que a imagem esteja diretamente relacionada ao texto pode não proporcionar interpretação imediata. É preciso sempre voltar a conceitos anteriores que são necessários para a compreensão do novo conhecimento.

#### 4.6.2 Relação indireta

Uma imagem que apresenta **relação indireta** com o texto possui características gerais do que está sendo discutido, porém, não se relaciona aos exemplos citados, se relacionando apenas ao conteúdo em questão. A Figura 14 apresenta o conteúdo de solubilidade. O exemplo representado na imagem está relacionado ao conteúdo abordado no texto, porém, não é apresentado neste nenhuma referência à solubilidade do cloreto de prata em água. Sendo assim, considera-se uma imagem com relação indireta, mostrando o assunto do texto, mas não exatamente o que ele diz.

Figura 14 – Exemplo de uma imagem com relação indireta com o texto.

• **Solubilidade**

Vimos que, em regra geral, compostos polares são solúveis em solventes polares. Assim, era de se esperar que, se não todos, pelo menos a grande maioria dos compostos iônicos (todos polares) fossem solúveis na água (que é polar). Isso, entretanto, não se verifica pois há vários outros fatores que interferem na solubilidade dos compostos além da polaridade, como a estrutura cristalina\*, por exemplo.

Essas particularidades, no entanto, são objetos de estudo do Ensino Superior (de Química). O que aprendemos no Ensino Médio, no máximo, é como consultar tabelas de solubilidade de compostos inorgânicos para o caso de necessitarmos saber se determinado composto é ou não solúvel em água.

Sérgio Dotta Jr/The Next



A foto ao lado mostra um precipitado de cloreto de prata,  $\text{AgCl}$ , um composto iônico praticamente insolúvel em água

Fonte: FONSECA, M. R. M. (2010, p. 351).

#### 4.6.2.1 Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino médio

A imagem utilizada para representar esse conteúdo refere-se à precipitação do cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ), um composto iônico que deveria ser totalmente solúvel em água, mas é praticamente insolúvel.

Considerando a regra de que solvente polar dissolve polar e apolar dissolve apolar, sabe-se que a maioria dos compostos iônicos, que são polares, seriam solubilizados pela água, que é um composto polar. Mas isso não ocorre devido a outros fatores além da polaridade que interferem na solubilidade, não podendo fazer desta uma regra geral.

Para que haja interpretação desta imagem é preciso que o aluno tenha conhecimento sobre a formação de compostos iônicos, ou seja, compreender sobre as forças de atração existentes entre íons de cargas opostas. A partir disto deve reconhecer que estes compostos são polares e, assim, pela regra geral de solubilidade, seriam solúveis na água, um composto polar. Porém, o texto evidencia que esta regra não é geral, pois o exemplo representado na imagem não segue este padrão. Para compreender essa particularidade, o aluno deve entender como é formada a estrutura cristalina do composto em questão, porém o próprio texto afirma que este conhecimento se refere ao ensino superior. A utilização deste exemplo se torna então superficial para compreensão do conceito de solubilidade.

#### 4.6.2.2 Parâmetros representados na imagem envolvendo conhecimentos tipicamente abordados no ensino superior

A partir dos aspectos apontados no ponto anterior, para compreender porque um composto polar não se dissolve na água, que também é um composto polar, é necessário se compreender primeiramente que existe uma forte atração entre os íons  $\text{Ag}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e a água não tem força suficiente para separá-los por uma extensão considerável. Assim, a substância permanece não dissolvida na sua totalidade (BROWN, 2005).

A estrutura cristalina do composto também deve ser levada em consideração. Como exemplo, tem-se os carbonatos que são praticamente insolúveis em água. Isso se deve a formação da estrutura cristalina do carbonato, a qual é formada por lamelas e, nos interstícios dessas lamelas encontram-se os cátions. Nessa estrutura há duas forças presentes: as ligações iônicas e as interações do tipo dipolo induzido entre as lamelas de carbonato. Essas interações de dipolo induzido possuem considerável caráter de ligação covalente, o qual o torna praticamente insolúvel em água. Isso ocorre em carbonatos de cálcio, estrôncio e bário. Já em carbonatos de lítio e de sódio essa característica não é evidenciada porque a quantidade de cátions presente elimina a tendência de se formar os dipolos induzidos entre as lamelas, e assim, se dissolvem em água (FONSECA, 2010).

#### 4.6.3 Não relacionada

Uma imagem **não relacionada** ao texto é aquela que não faz nenhuma relação ao conteúdo abordado, tendo apenas um papel ilustrativo. A Figura 15 apresenta um exemplo deste tipo de imagem.

O texto apresenta uma introdução ao tema interações entre constituintes e propriedades de substâncias inorgânicas e orgânicas, onde exemplos destas interações são utilizados. Porém, ao olhar para a imagem logo abaixo do texto não se pode fazer nenhuma relação direta ou indireta ao que está descrito no texto. A imagem mostra a diversidade humana e dos materiais, como está descrito na legenda, onde o intuito é relacionar essa diversidade às propriedades diferenciadas das estruturas químicas que compõem os materiais.

Porém, mesmo que o objetivo da imagem seja dar uma visão ampla do assunto deste conteúdo, este não está em nenhum momento sendo abordado no texto. Não há referências presentes na imagem que conectem esta ao que se trata no texto em questão. Sendo assim, essa imagem tem apenas um caráter ilustrativo nesta página, não afetando na compreensão deste texto.

Figura 15 – Exemplo de uma imagem não relacionada ao texto.



Fonte: MÓL, G. S.; SANTOS, W.L.P. (2010, p. 290).

Dentre todas as imagens analisadas, tem-se que 82% apresentam relação direta ao texto, 15,6% apresentam relação indireta e 2,4% não apresentam nenhuma relação. Apresenta-se na Tabela 12 os valores encontrados nesta análise.

Tabela 12 – Categorização e quantificação das imagens quanto as suas relações com o texto.

Categoria	Livro					Total
	A	B	C	D	E	
<b>Relação direta</b>	71	92	21	60	66	310
<b>Relação indireta</b>	16	3	8	16	11	59
<b>Não relacionada</b>	1	2	1	5	0	9
<b>Total</b>	88	97	30	81	82	378

Fonte: Do autor.

Pode-se observar que todos os livros apresentam muitas imagens relacionadas diretamente ao texto, sendo capaz de complementar o processo de compreensão dos conteúdos as quais estão relacionadas (GKITZIA, 2010). O livro B é o que apresenta o maior número de imagens relacionadas diretamente ao texto em relação aos demais.

Porém, somente a relação direta ao texto não faz com que uma imagem tenha potencial de auxiliar a compreensão do texto que esta acompanha. É preciso que essa imagem esteja conceitualmente adequada e apresente elementos que possibilitem uma melhor interpretação do que está sendo representado, como por exemplo, etiquetas e legenda. Para observar um exemplo deste tipo de imagem, tem-se a explicação da Figura 12.

#### 4.7 CORRELAÇÃO ENTRE DIMENSÕES DO CONHECIMENTO QUÍMICO E A RELAÇÃO DAS IMAGENS COM O TEXTO

Serão abordadas nesse tópico as correlações encontradas para as representações dimensionais do conhecimento químico com os níveis de relação da imagem com o texto.

Ao discutir a importância de uma imagem estar diretamente relacionada ao texto que a acompanha, destacou-se que o potencial desta em auxiliar no processo de compreensão do conteúdo a que se refere não se baseia apenas nesta relação. Isso ocorre pois, mesmo que a imagem esteja diretamente relacionada ao texto, esta pode apresentar constituintes elementares insuficientes ou errôneos para se compreender o conceito representado.

O aspecto submicroscópico está presente na explicação de vários conceitos químicos que para serem compreendidos precisam que o aluno atinja um alto nível de abstração. Assim, se estabelece a importância de se encontrar imagens que tenham relação direta com o texto e apresentam o aspecto dimensional submicroscópico, onde essa relação poderá auxiliar o aluno na compreensão do significado que as entidades abstratas, como átomos, moléculas e íons representam nos modelos que explicam a matéria.

Considerando a importância de a imagem estar relacionada ao texto e apresentar os aspectos dimensionais do conhecimento químico, realizou-se uma análise na qual foram quantificadas as imagens categorizadas nas dimensões do conhecimento químico que possuem relação direta, indireta e não relacionada ao texto. A Tabela 13 apresenta os dados coletados para esta análise.

Tabela 13 – Correlação entre as dimensões do conhecimento químico e suas relações com o texto.

	<b>Dimensões do conhecimento químico</b>	<b>Relação direta</b>	<b>Relação Indireta</b>	<b>Não Relacionada</b>	<b>Total</b>
1	Macroscópico	60	40	8	<b>108</b>
2	Submicroscópico	28	2	0	<b>30</b>
3	Simbólico	78	5	1	<b>84</b>
4	Macrosimbólico	3	5	0	<b>8</b>
5	Macrosubmicroscópico	7	3	0	<b>10</b>
6	Submicrosimbólico	116	4	0	<b>120</b>
7	Macrosubmicrosimbólico	10	2	0	<b>12</b>
8	Não classifica	5	1	0	<b>6</b>
	<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>62</b>	<b>9</b>	<b>378</b>

Fonte: Do autor.

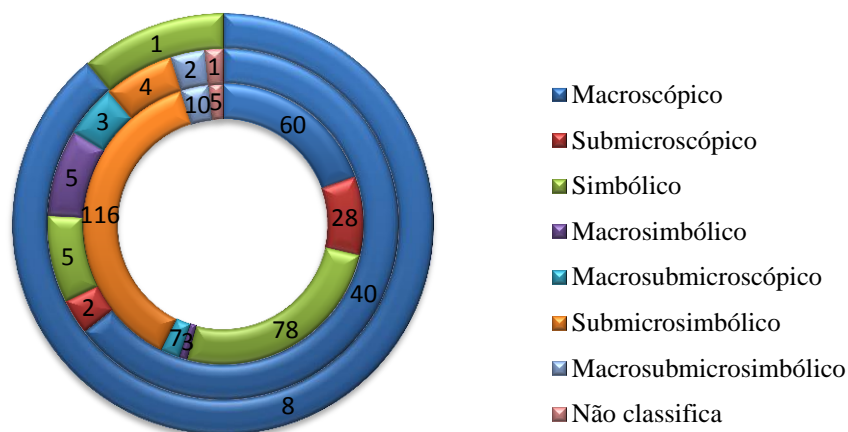
Ao se tratar dos tipos de ligações químicas, pode-se dizer que estas apresentam-se em grande parte por modelos que se utilizam do aspecto submicroscópico, considerando todas as correlações entre os aspectos dimensionais em que este aparece (2, 5, 6 e 7). Sendo assim, ao abordar este conteúdo, a utilização de imagens que apresentem este aspecto dimensional e estão relacionadas diretamente ao texto podem fazer com que o aluno alcance este nível de abstração de uma maneira mais fácil e, conseqüentemente, espera-se uma melhor aprendizagem deste conteúdo.

Considerando a categorização e quantificação apresentada na Tabela 14, verifica-se que as imagens que estão relacionadas diretamente ao texto em maior quantidade possuem aspecto submicrosimbólico (38,4%), seguido pelo simbólico (25,4%) e macroscópico (19,5%). Isto significa que existe um grande número de imagens para um conteúdo que necessita de representações do aspecto dimensional submicroscópico.

Apresenta-se na Figura 16 graficamente a distribuição das dimensões do conhecimento químico correlacionadas às relações da imagem com o texto.



Figura 16 – Correlação entre os aspectos dimensionais do conhecimento químico e as relações das imagens com o texto (direta, indireta e não relacionada, respectivamente de dentro para fora).



Fonte: Do autor.

No geral, os livros possuem a maioria de suas imagens relacionadas diretamente ao texto (81,2%) podendo dizer que corroboram com a compreensão do conhecimento químico. 53,1% das imagens que apresentam relação direta com o texto representam o aspecto submicroscópico do conhecimento químico, possibilitando ao aluno alcançar este nível de abstração com maior facilidade (OTERO, 2002).

#### 4.8 ESTUDO SEMIÓTICO DAS IMAGENS PRESENTES NOS CAPÍTULOS DE LIGAÇÕES QUÍMICAS

A teoria da semiótica peirceana está ancorada em tríades, onde se destaca a relação fundamento, objeto e interpretante de um signo. Um signo pode ser interpretado por meio da relação dos vértices do triângulo formado pelos elementos dessa tríade. Considerando a ação de um signo, existem algumas tricotomias propostas por Peirce, as quais foram apresentadas na tabela 1 (p. 22), que podem ser consideradas importantes para compreensão do modo de operação de um signo na mente do homem.

Essas tricotomias dão origem à **Primeiridade, Secundidade e Terceiridade** propostas por Peirce (2008). Assim, Santaella (2008b) afirma que “*o signo é um primeiro (algo que se apresenta à mente), ligando um segundo (aquilo que o signo indica, se refere ou representa) a um terceiro (o efeito que o signo irá provocar em um possível intérprete)*” (p.7). Essa citação consegue descrever as relações que Peirce realizou a partir destas tricotomias.

Pensando que a **Primeiridade** está relacionada à qualidade, não podendo se relacionar a algo concreto, num contexto químico esta pode ocorrer quando um estudante percebe nas imagens alguns referentes de qualidade, como por exemplo, cores, formas e traços sendo a primeira impressão sobre a imagem.

A Figura 17 apresenta uma imagem e seu texto referente ao conteúdo de polaridade das ligações covalentes. A imagem representa o modelo que explica a ligação covalente ocorrida na molécula de cloreto de hidrogênio (HCl), mostrando que, como o cloro é mais eletronegativo que o hidrogênio, este atrai para perto de si o par de elétrons da ligação, formando um dipolo elétrico.

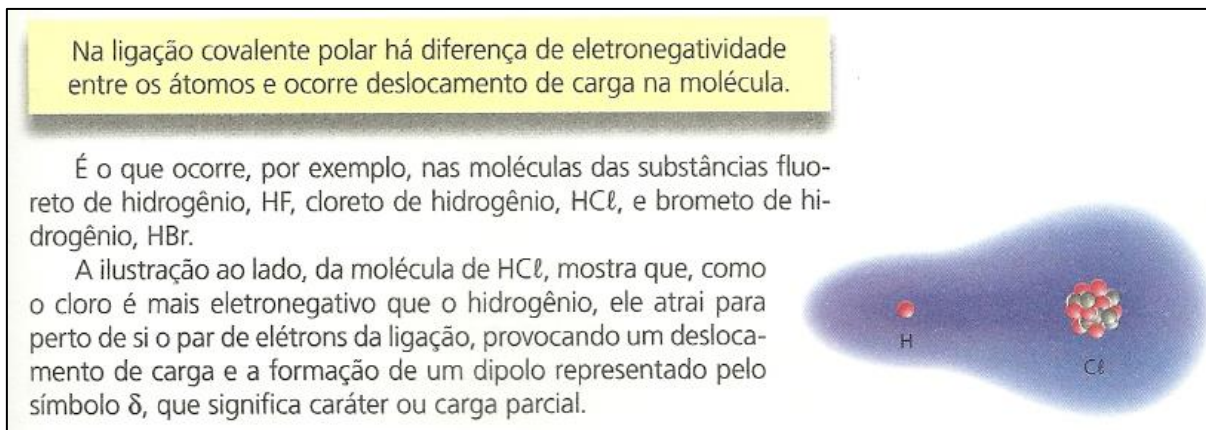
Sabendo que a eletronegatividade do átomo de cloro é maior que a do átomo de hidrogênio, pode-se dizer que este tem maior tendência em atrair para perto de si o par eletrônico. Nesse processo, a distribuição desigual do par de elétrons, associado aos pares de elétrons livres do cloro, faz com que exista alta densidade eletrônica sobre o átomo de cloro, levando a uma pequena carga negativa residual sobre o mesmo.

Da mesma forma, a baixa densidade eletrônica leva a uma pequena carga positiva residual no átomo de hidrogênio. Estas são chamadas cargas parciais, pois não correspondem exatamente à formação de íons, a partir da completa transferência dos elétrons, mas geram uma interação entre estes átomos, resultando em uma ligação covalente polar.

Há a formação de um dipolo elétrico, cujo tamanho (magnitude das cargas parciais) é chamado de momento de dipolo elétrico. Considerando a diferença de eletronegatividade entre os átomos Cl e H, o valor deste vetor é pequeno, indicando cargas parciais muito pequenas, e favorecendo então a formação de uma ligação polar, mas com elevado caráter covalente (ATKINS; JONES, 2006).

Considerando o conteúdo em questão, o aluno, ao observar pela primeira vez essa imagem, pode não fazer referência a nenhum conceito ou objeto real em sua mente, somente às cores presentes (como uma mancha azul). Nesse caso isso é considerado uma primeira impressão da imagem (Primeiridade).

Figura 17 – Exemplo de imagem e texto que representam o conteúdo de Polaridade da ligação covalente.



Fonte: FONSECA, M. R. M. (2010, p. 281).

Segundo Almeida (2011), a **Secundidade** se refere “à *experiência, às ideias de dependência, determinação, dualidade, ação e reação, aqui e agora, conflito surpresa, dúvida*” (p.10). Nesse sentido, para cada experiência ou fenômeno, existe uma qualidade, podendo dizer que Secundidade pressupõe a Primeiridade. Quando há uma relação de qualidade e existência, diz-se que é uma relação diádica, uma Secundidade.

A relação de Secundidade pode ser exemplificada quando um estudante, ao observar a mesma figura, faz uma relação entre as formas e cores que observou primeiramente a algum objeto químico. Esse processo é imediato e, neste caso, seria a relação da forma da figura com o deslocamento da carga na molécula, formando um dipolo elétrico. Há a possibilidade de fazer também uma relação dos elementos químicos envolvidos com suas propriedades periódicas como, por exemplo, eletronegatividade e afinidade eletrônica, levando em consideração suas posições na tabela.

A **Terceiridade**, como Santaella (2008b) afirma, refere-se à generalidade, onde contempla a relação entre signo, objeto e interpretante. É a partir da Terceiridade que um primeiro (qualidade) se aproxima de um segundo (Secundidade) de modo que essa etapa se caracterize como a representação e interpretação do mundo, por meio dos signos.

A evidência de que o estudante esteja a caminho da Terceiridade está em seu olhar sobre o exemplo citado pela Figura 17, que deve estar carregado de interpretação e busca de explicação, chegando a uma generalização. No caso, ele chegaria a uma generalização que, em uma molécula onde houvesse uma pequena diferença de eletronegatividade entre os átomos, haveria a formação de uma ligação covalente polar, deslocando a carga na molécula e formando um dipolo.

Considerando todos os aspectos da semiótica peirceana abordados até aqui, coloca-se em questão: o que se pode fazer para que o aluno, quando em contato com diferentes tipos de representações químicas, atinja a compreensão dos conceitos presentes nessas representações?

As imagens são consideradas instrumentos no processo de aprendizagem e são parte das representações químicas presentes nos livros didáticos. Os capítulos de ligações químicas apresentam muitas imagens que exemplificam ou modelizam esse conteúdo e, pensando num processo de interpretação semiótica, para essas imagens serem compreendidas, precisa-se que o intérprete (no caso, o aluno) possua uma experiência ou inventário químico para compreendê-las, pois, caso contrário, este não passará da Primeiridade, ou seja, ficará no plano da qualidade. Quando o aluno possui um bom inventário químico, o processo de interpretação semiótica se dará de uma forma mais imediata, onde este atingirá a Terceiridade em um menor tempo. A imagem não será totalmente esgotada em sua interpretação, mas uma boa conduta direcionará para uma compreensão cada vez melhor do que esta representa.

Um aluno que possua fundamentação química vai ter em sua estrutura cognitiva conceitos gerais da Química, os quais servirão de ponto de partida para interpretação de uma representação química. Desse modo, quando este estiver interpretando uma imagem, compreenderá seus significados e os relacionará com seus respectivos objetos, de modo a interpretá-los de uma forma generalizada. Quando as relações de significação, objetivação e interpretação são estabelecidas, pode-se dizer que houve compreensão de determinado conteúdo por parte dos alunos (ALMEIDA, 2011).

#### 4.9 ESTUDO SEMIÓTICO RELACIONADO AOS ASPECTOS DIMENSIONAIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO

Esta seção abordará as relações conceituais existentes nas imagens a partir de suas características dimensionais no processo de interpretação semiótica a qual estão inseridas.

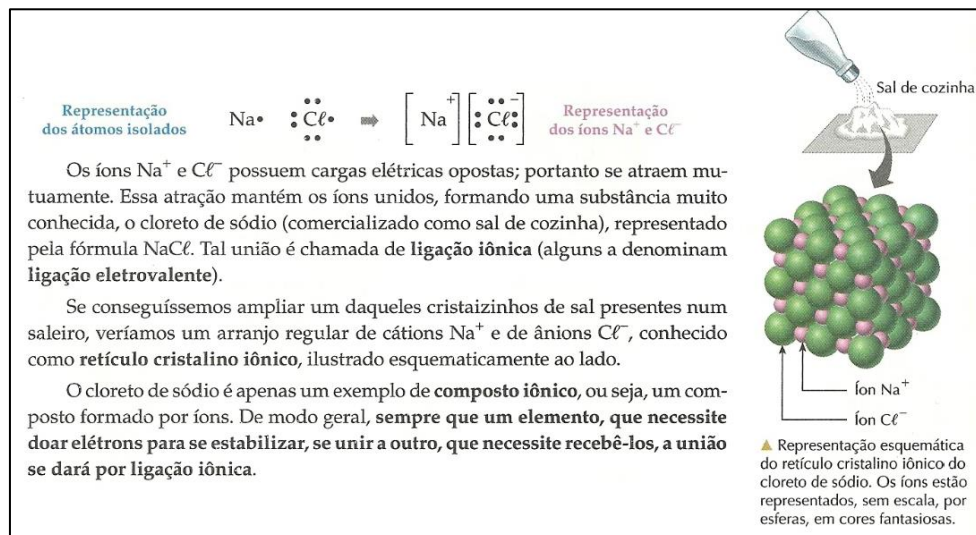
No ensino médio o conteúdo de ligações químicas é abordado utilizando-se a regra do octeto como base, onde é apontado que “átomos tem a tendência de ganhar ou perder elétrons para completar o octeto” (MORTIMER, 1988). As imagens presentes nos livros didáticos que ilustram esse conteúdo representam apenas esse tipo de definição para as ligações químicas. Serão analisadas algumas imagens dos tipos de ligações químicas em relação aos aspectos

dimensionais que representam, e, de forma semiótica, como essas imagens podem ser interpretadas pelos alunos. Inicia-se a discussão a partir da ligação iônica.

#### 4.9.1 Ligação Iônica

Abaixo, tem-se como exemplo uma imagem que representa a **ligação iônica**, considerando em sua explicação a teoria do octeto. Isso é evidenciado na seguinte frase: “sempre que um elemento, que necessite doar elétrons para se estabilizar, se unir a outro, que necessite recebê-lo, a união se dará por ligação iônica”.

Figura 18 – Representação de uma imagem e texto que explicam a ligação iônica.



Fonte: PERUZZO, F. M.; CANTO, E.L. (2011, p. 146).

A imagem representa o retículo cristalino do sal de cozinha ( $\text{NaCl}$ ). Nesta representação há indicação aos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , que estão empacotados de modo a dar um arranjo com a menor energia possível, sendo que este padrão se repete por todo o cristal. Isso é apenas citado no texto, de modo que não se explica porque estes íons se organizam neste padrão, formando esta rede cristalina. Há somente uma indicação de que estes íons possuem cargas opostas, o que faz com que se atraiam.

Para que haja compreensão de que a rede cristalina se forma nas três dimensões, é preciso que o aluno compreenda que a representação deste cubo é chamada de célula unitária e que qualquer porção deste sal pode ser representada quando essas células são colocadas lado

a lado ou em cima uma das outras. As cargas opostas dos íons os atraem mutuamente, onde íons sódio alternam-se com íons cloreto, que tendem a se alinhar nas três dimensões (ATKINS; JONES, 2006).

Esta imagem está categorizada no aspecto macrosubmicrosimbólico, a qual apresenta o aspecto macroscópico ao representar o sal, o aspecto submicroscópico ao representar os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  empacotados formando o cristal e o aspecto simbólico ao indicar as entidades presentes na imagem.

A presença do aspecto submicroscópico na imagem diminui o nível de abstração que o aluno precisa alcançar para compreender o conteúdo, porém, somente a representação deste aspecto na imagem não permite a explicação sobre o modelo que explica a formação de uma ligação iônica. A partir da interação dos três aspectos dimensionais, a imagem pode possibilitar uma melhor compreensão da formação da ligação iônica.

Cabe ressaltar que, para a imagem corroborar com o entendimento de uma ligação iônica, esta precisa estar ancorada a uma explicação da interação entre esses íons, abordando as energias envolvidas para que estes formem um sólido.

Se o aluno possuir um conhecimento sobre, por exemplo, as propriedades periódicas destes elementos, poderá compreender melhor como ocorre esse tipo de ligação química, chegando a uma generalização, ou seja, compreendendo o conceito químico envolvido. Essa generalização indica que o aluno conseguiu estabelecer as relações de significação, objetivação e interpretação, atingindo a Terceiridade.

Neste exemplo, a Primeiridade está relacionada à primeira impressão do aluno ao observar a imagem, como por exemplo, bolas verdes e rosas organizadas periodicamente. Quando o aluno faz referência aos íons que as bolas estão representando, observando que estas representam um 'zoom' do sal de cozinha, há então o progresso à Secundidade. Se há compreensão de que existe uma relação na organização destes íons, referindo às cargas opostas que estes carregam, e isto relacionado às propriedades periódicas dos elementos envolvidos, como por exemplo, a alta diferença de carga entre estes, há o entendimento que estes íons vão se atrair mutuamente, e, de maneira alternada, se alinharão nas três dimensões.

A presença dos três aspectos dimensionais do conhecimento químico nesta representação são características importantes para levar o aluno a compreender como ocorre uma ligação iônica, onde se destaca o papel do professor no processo de interpretação desta, auxiliando o aluno a identificar e compreender os elementos constituintes desta imagem. Seu

papel é levar o aluno a atingir a Terceiridade (generalização), fazendo o aluno transitar pelos três vértices do triângulo de Johsntone.

#### 4.9.2 Ligação covalente

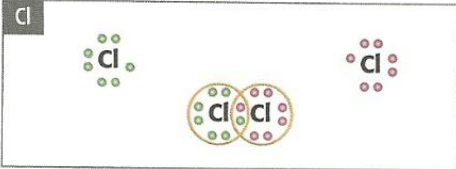
A Figura 19 está representando uma ligação covalente, juntamente com o texto que a explica. Esta imagem representa o modelo que explica a formação da ligação ocorrida entre dois átomos de cloro, onde há compartilhamento de dois elétrons sendo um de cada átomo, e assim estes assumem estrutura eletrônica de gás nobre. Pensando que esse par de elétrons compartilhados interage com os dois núcleos, pode-se dizer que nenhum átomo perde totalmente um elétron. O círculo em torno de cada átomo indica que cada um adquiriu um octeto pelo compartilhamento de um par de elétrons (ATKINS; JONES, 2006).


Além disso, a explicação deste tipo de ligação é discutida nos livros didáticos levando em consideração apenas a teoria do octeto. Alguns livros apontam que essa teoria não é suficiente para explicar as ligações químicas, porém não apresentam nenhuma outra explicação.

Figura 19 – Representação de uma imagem e texto que explicam a ligação covalente.

Para entendermos os diversos tipos de ligação covalente, vamos usar a representação eletrônica de Lewis. Nela, indicamos os elétrons da camada de valência de cada átomo, sendo que os elétrons compartilhados são representados entre os símbolos dos átomos ligantes. Veja como fica a molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ).

Cl





Representação dos **átomos de cloro** antes e depois de ligados, para formar uma molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ).

Observe que, isoladamente, cada átomo de cloro possui sete elétrons na camada de valência. Entretanto, quando se ligam, eles passam a compartilhar dois elétrons – um de cada átomo –, adquirindo estrutura eletrônica semelhante à dos átomos de argônio. Essa é a denominada **ligação covalente simples**, porque há compartilhamento de um par de elétrons originários dos dois átomos ligantes.

Fonte: MÓL, G. S.; SANTOS, W.L.P. (2010, p. 270).

Esta imagem está caracterizada como submicrosimbólica, a qual apresenta o aspecto submicroscópico ao representar os elétrons na camada de valência dos átomos de cloro e simbólico ao representar o símbolo do elemento químico cloro. Ela contribui para que o aluno

interprete o modelo da ligação covalente ocorrendo somente pelo compartilhamento de elétrons, utilizando a estrutura de Lewis.

Nesse sentido, cabe dizer que, no exemplo utilizado, tem-se a representação do elemento cloro, situado no terceiro período da tabela periódica, o que significa que este possui orbitais  $d$  vazios. Sendo assim, podem acomodar mais elétrons na camada de valência, a qual é denominada camada de valência expandida. Isto explica a existência de outras moléculas, por exemplo, o  $\text{PCl}_5$  (ATKINS; JONES, 2006). Como a explicação da ligação covalente acima citada não faz referência à estrutura eletrônica do átomo, o aluno não consegue expandir seu conhecimento, ao incorporar outras explicações que não a teoria do octeto.

A eletronegatividade é uma propriedade importante para se entender a formação da ligação covalente. Elementos com pequenas diferenças de eletronegatividade tendem a formar ligações covalentes, onde os núcleos exercem a mesma força de atração sobre os elétrons envolvidos na ligação. Esses elétrons são igualmente compartilhados pelos dois átomos e não há formação de polos elétricos entre eles. Isso resulta em uma ligação covalente apolar. É o caso do exemplo apresentado na Figura 19, uma molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ).

Ao olhar para a imagem semioticamente, a Primeiridade estará relacionada a observação de bolinhas verdes e vermelhas rodeando símbolos químicos. Quando estas bolinhas são compreendidas como a representação de elétrons rodeando os átomos de cloro, onde se entende ser a camada de valência, o aluno assume a Secundidade. Para que o aluno chegue a Terceiridade, sua compreensão da imagem deve estar relacionada a entender que os átomos de cloro possuem a mesma eletronegatividade e isto faz que seus núcleos exerçam a mesma força de atração sobre os elétrons, formando uma ligação de caráter covalente apolar.

Ancorada ao aspecto macroscópico, esta imagem poderia corroborar com o conhecimento sobre as ligações covalentes no sentido de que o aluno poderia relacionar o modelo apresentado a algo concreto, visível. Assim, como afirma Johnstone (2006), seria mais fácil para o aluno compreender o modelo que representa esta teoria (aspecto submicroscópico), ou seja, partindo do que é visível, o que é abstrato pode ser mais facilmente compreendido.



### 4.9.3 Ligação Metálica

Os metais são classificados como bons condutores de eletricidade e calor, possuem um brilho metálico característico, formam ligas com facilidade e são maleáveis e dúcteis (LEE, 1999).

A Figura 20 representa um modelo de ligação metálica, tendo como exemplo a prata metálica. O texto que acompanha esta imagem descreve este tipo de ligação como um “amontoado organizado de íons metálicos positivos mergulhados num mar de elétrons livres”. Esta definição está baseada na teoria dos elétrons livres, a qual considera que os metais são constituídos por um retículo de esferas rígidas (íons positivos) imersas num gás de elétrons de valência que podem se mover através dos interstícios existentes nesse retículo (LEE, 1999).

Figura 20 – Representação de uma imagem e texto que explicam a ligação metálica.



Fonte: PERUZZO, F. M.; CANTO, E.L. (2011, p. 157).

Para explicar esse tipo de ligação, tem-se também a teoria dos orbitais moleculares ou bandas. Esta teoria está baseada na combinação de orbitais atômicos de metais, formando orbitais moleculares. A combinação destes orbitais pode formar compostos  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $M_4$  até  $M_n$ , onde  $M_n$  pode ser chamado de ‘clusters’.

Os níveis energéticos dos orbitais estão tão próximos que se forma praticamente um contínuo e uma pequena energia é necessária para promover um elétron para um orbital molecular desocupado. Assim, os elétrons possuem uma grande mobilidade, o que faz com que o metal seja um bom condutor elétrico e térmico. (LEE, 1999).

Considerando que a Figura 20 utiliza-se a teoria dos elétrons livres, esta imagem tende a representar o mar de elétrons que possui livre movimento por todo metal (prata). Esta apresenta o aspecto submicrosimbólico, em que o submicroscópico está representado pelos íons  $\text{Ag}^+$  e os elétrons em movimento e o simbólico está representado pelas indicações dos elementos constituintes da imagem. Estas indicações são também chamadas de etiquetas nominais e relacionais, as quais auxiliam na interpretação da imagem.

Numa análise semiótica, o aluno, ao observar pela primeira vez esta imagem, pode apenas dizer que esta contém bolinhas com setinhas ao seu redor. Esta classificação indica que ele está no nível da Primeiridade. Ao fazer possíveis relações destas bolinhas com o íon prata, e, a partir da legenda, identificar que as setinhas são os elétrons se movimentando pelos íons, este alcança a Secundidade, ou seja, faz uma relação de qualidade e existência, observando que este nível pressupõe a Primeiridade.

Ao interpretar a imagem de modo a chegar a uma generalização, o aluno relacionará que um metal sólido possui íons metálicos ordenados, onde seus elétrons de valência estão livres para se movimentarem por todo o metal, dando a este as características de serem bons condutores elétricos e térmicos. Assim, chega-se à Terceiridade.

A explicação dos conceitos envolvidos no conteúdo de ligações químicas está baseada em teorias e modelos explicativos, os quais são utilizados pelas imagens com o intuito de modelizar esses conhecimentos. Percebe-se, no entanto, que as imagens que apresentam o aspecto submicroscópico são modelos que representam este conhecimento químico. Estes modelos, na grande maioria, possuem potencial para auxiliar o aluno em seu processo de aprendizagem, diminuindo o nível de abstração que este precisa alcançar na compreensão dos conceitos envolvidos. Nesse sentido, destaca-se a importância destes modelos no ensino das ligações químicas, uma vez que estas são caracterizadas por conceitos abstratos.

Uma imagem que possui potencial para o ensino apresentará como elementos constituintes legenda e etiqueta, relação direta com o texto que a acompanha, abrangerá os três aspectos do conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico), onde sua utilização contará com o auxílio do professor no processo de interpretação desta imagem, de forma que esta consiga alterar a estrutura cognitiva deste, fazendo-o compreender os modelos explicativos que são representados por estas imagens.

#### 4.10 COMPARANDO AS IMAGENS PARA O CONTEÚDO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS

A partir da análise dos capítulos relacionados ao conteúdo de ligações químicas dos cinco livros didáticos aprovados no PNLEM/2012, é possível comparar as imagens presentes nestes no que se refere ao nível de profundidade em que abordam os conceitos fundamentais deste conteúdo.

Assim, elaborou-se uma tabela (TABELA 14, p.94) que relaciona os livros analisados ao conteúdo de ligações químicas – iônica, covalente e metálica. A sequência de imagens apresentada tem como função compreender quais dimensões do conhecimento químico estão representados nos livros e evidenciar quais apresentam mais elementos favoráveis à compreensão dos conceitos envolvidos, ou seja, a que apresenta o maior potencial para auxiliar na aprendizagem.

A partir da análise realizada sobre as imagens presentes nesta tabela pode-se perceber que os livros apresentam imagens de maneiras diversificadas, ou seja, com diferentes níveis de profundidade. Imagens que apresentam aspecto macroscópico estão em menor quantidade, prevalecendo as com aspecto submicroscópico. Embora as análises anteriores apresentem resultados favoráveis em relação à quantidade de imagens com aspecto macroscópico, estas não estão relacionadas às definições específicas de ligações químicas.

A sequência de temas abordados dentro deste conteúdo seguiu em quase todos os livros a ordem em que estes aparecem em seus respectivos capítulos. As que não seguiam a mesma ordem foram reordenadas de acordo com a maioria.

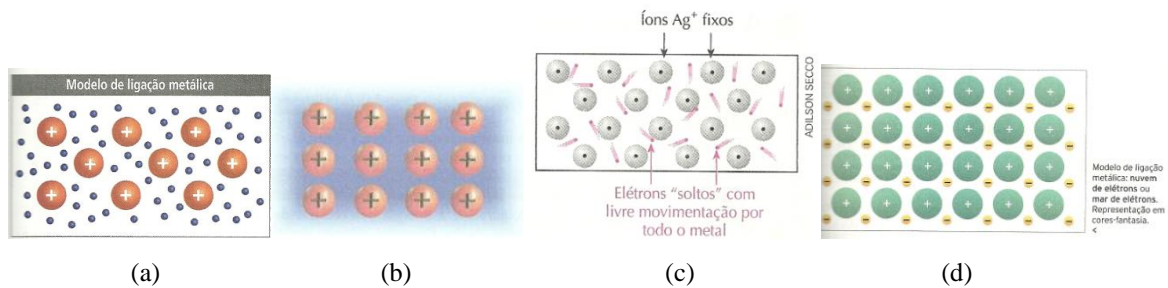
Algumas representações são comuns em quase todos os livros, como por exemplo, o retículo cristalino do NaCl, o modelo que representa a ligação covalente, os modelos para a polaridade das moléculas e os modelos para a ligação metálica. Alguns livros não apresentam figuras para os temas abordados, porém estes são discutidos dentro do próprio texto, como é o caso do livro D que não apresenta imagem para explicação da polaridade das moléculas, mas discute isso durante o texto.

Escolheram-se dois tipos de imagens para algumas considerações, as que representam a formação da ligação metálica e as que representam a formação da ligação covalente. Considerando o exemplo da *ligação metálica*, observa-se que quatro livros (B, C, D, E) possuem representações onde o conceito envolvido é modelizado de maneira semelhante. As imagens representam a ligação metálica, onde a explicação está ancorada na Teoria dos

elétrons livres. Esta considera que os metais são constituídos por um retículo de esferas rígidas (íons positivos) imersas num gás de elétrons de valência que podem se mover através dos interstícios existentes nesse retículo (LEE, 1999).

A Figura 21 apresenta estas representações, onde é possível observar que nas imagens (a), (b) e (d) não é perceptível o ‘movimento’ dos elétrons entre os íons positivos. Isso é percebido somente na imagem (c), que dá a ideia de movimento dos elétrons. A imagem (b) e (d) proporcionam a ideia de algo estático, sem movimento, já a imagem (a) representa os elétrons com menor organização, podendo levar à ideia de um possível movimento.

Figura 21 – Imagens que representam o modelo de ligação metálica nos livros B (a), C (b), D (c) e E (d).



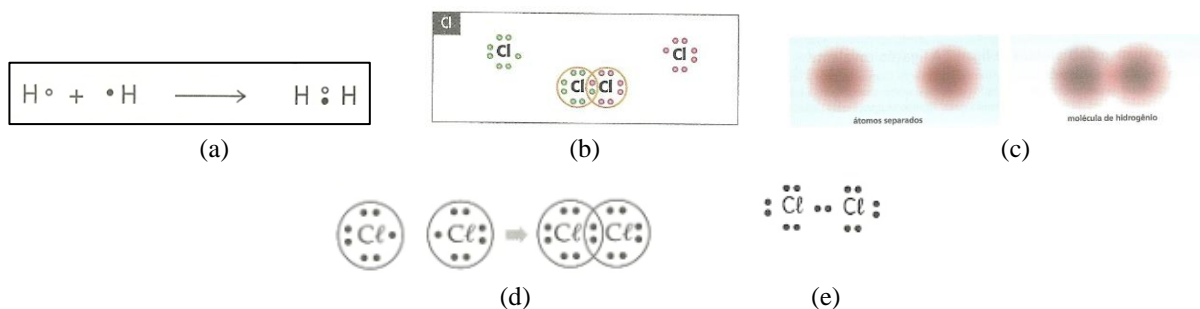
Fontes: a) MOL, G. S. (2010); b) MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. (2011); c). PERUZZO, F. M. e CANTO, E. L. (2011); d) LISBOA, J. C. F. (2012).

Pensando que estas imagens estão baseadas na Teoria dos elétrons livres, é possível dizer que apenas a imagem (c) consegue representar o modelo que explica esta teoria de maneira satisfatória devido à representação do ‘movimento’ dos elétrons entre os íons positivos. A etiqueta presente nesta imagem é também um constituinte que auxilia o aluno a interpretar e compreender o que está sendo representado. As imagens (a), (b) e (d) não apresentam etiqueta, o que dificulta a identificação dos constituintes da imagem.

Ao observar estas imagens no plano da semiótica é possível dizer que, ao olhar pela primeira vez uma destas imagens, o aluno pode apenas identificar as bolas, cores e formas, assumindo então a Primeiridade. Ao relacionar estas formas e cores à presença dos íons positivos e dos elétrons, chega-se à Secundidade. No entanto, para que o aluno atinja a Terceiridade é preciso que este chegue à generalização do conceito, ou seja, que um metal é constituído por um retículo de esferas rígidas, onde os elétrons de valência tem mobilidade através dos interstícios existentes neste retículo, o que faz com que o metal seja um bom condutor de eletricidade. Quando o aluno olhar estas imagens e interpretá-las desta maneira, estará a caminho da generalização dos conceitos envolvidos na formação deste tipo de ligação.

Representa-se na Figura 22 os tipos de modelos apresentados nos livros A, B, C, D e E para explicar como se forma uma *ligação covalente*.

Figura 22 – Imagens que representam a formação de uma ligação covalente nos livros A (a), B (b), C(c), D (d) e E (e).



Fontes: a) FONSECA, M. R. M. (2010), b) MOL, G. S. (2010); c) MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. (2011); d). PERUZZO, F. M. e CANTO, E. L. (2011); e) LISBOA, J. C. F. (2012).

Apresentam-se nas imagens (a) e (c) os modelos que representam a ligação covalente para formação da molécula de hidrogênio ( $H_2$ ) e as imagens (b), (d) e (e) representam a formação da molécula de cloro ( $Cl_2$ ). Estas representações estão baseadas na Teoria de Lewis, a qual está fundamentada no compartilhamento de elétrons para que os átomos atinjam configuração eletrônica estável. Um átomo forma quantas ligações forem necessárias até que o octeto de elétrons na camada de valência seja atingido (LEE, 1999).

Considerando primeiramente as imagens para formação da molécula de hidrogênio, evidencia-se que estas apresentam características diferentes. Na imagem (a) há a representação do átomo de hidrogênio com seu único elétron sendo compartilhado com outro átomo de hidrogênio e assim, forma-se a molécula de  $H_2$ . Na figura (c) é possível observar duas esferas que representam os átomos de hidrogênio e, quando estas se aproximam há uma interação entre as duas que se refere à formação de uma ligação covalente. No centro dessas esferas há uma coloração mais escura que indica ser o núcleo atômico e a parte externa mais clara se refere à camada eletrônica do átomo, a qual interage com a do outro átomo. Esta representação exige que o aluno atinja um nível maior de abstração do que na imagem (a) devido ao tipo de representação dos elétrons envolvidos.

Nas imagens (b), (d) e (e) são representadas a formação da molécula de  $Cl_2$ . As três imagens tem o mesmo aspecto dimensional representado, considerando os elétrons na camada de valência e o compartilhamento que forma a molécula. A imagem (e) não representa os átomos de Cl antes de formarem a molécula, representando somente o final, quando a

molécula já está formada. O círculo formado ao redor dos átomos na figura (b) e (d) representam que cada átomo atingiu um octeto, sendo então considerado estável.

A Teoria do Octeto está representada em todas as imagens, onde apenas a imagem (c) pode gerar no aluno dificuldade de compreender o que está sendo representado, pois esta não identifica os elétrons envolvidos no compartilhamento. Porém, esta imagem tem a intenção de mostrar que os átomos, ao interagirem um com o outro, se agrupam e os elétrons são atraídos pelos dois núcleos igualmente.

Para o ensino médio estas imagens correspondem ao que a Teoria do octeto prevê. Porém, para que estas sejam compreendidas, os alunos precisam compreender anteriormente algumas propriedades periódicas que já foram discutidas anteriormente, como por exemplo, entender a eletronegatividade dos elementos. Pequenas diferenças de eletronegatividade entre elementos faz com que estes formem ligações com caráter covalente, onde os núcleos exercem a mesma força de atração sobre os elétrons envolvidos na ligação. Os elétrons são igualmente compartilhados pelos dois átomos e não há formação de polos elétricos entre eles. Isso resulta em uma ligação covalente apolar (BROWN, 2005).

O que esta Teoria não explica é que os elementos do terceiro período da tabela periódica para frente apresentam orbitais d vazios na camada de valência que podem ser utilizados para formar ligações, tendo então mais de oito elétrons. Esta é uma exceção desta Teoria, a qual afirma que “qualquer composto com mais de quatro ligações covalentes estará em desacordo com a regra do octeto” (LEE, 1999, p.39). Esta Teoria é útil para prever o número de ligações formadas em moléculas simples, mas não fornece nenhuma informação sobre a estrutura das moléculas.

As imagens não apresentam etiquetas que identifiquem os elementos das representações e isso pode dificultar a compreensão destas. Na imagem (c), por exemplo, a falta da etiqueta deixa evidente que sem esta não é possível compreender o que está sendo representado, a não ser que esta imagem esteja bem discutida no texto que a acompanha. Este é um ponto importante a ser considerado também, de modo que se estas imagens não tiverem certo grau de relação com o texto que as acompanham, estas apresentarão maiores dificuldades ao aluno que as visualizam. Assim, ressalta-se a necessidade de uma imagem contemplar em sua constituição elementos como legenda, etiquetas e também estarem relacionadas ao texto que as explicam. Desta forma esta imagem terá grande potencial para o ensino.

Ao olhar para estas imagens pelo plano da semiótica, diz-se que o aluno está na Primeiridade quando, ao olhar para a imagem, apenas evidencia as bolinhas e os símbolos dos elementos envolvidos. Ao relacionar estas bolinhas aos elétrons da camada de valência do átomo em questão, o aluno atinge a Secundidade. No entanto, quando este interpretar a imagem de modo a compreender que, sempre que dois átomos compartilharem seus elétrons da camada de valência e formarem octetos completos, estes terão estabilidade a partir da formação de uma ligação covalente, atingindo então a Terceiridade.

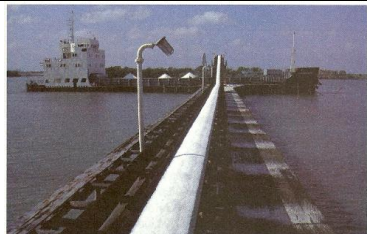

	Livro A	Livro B	Livro C	Livro D	Livro E
<b>Ligação Iônica</b>	 <p>O sal marinho é extraído da água do mar por meio da evaporação da água, como ocorre no Rio Grande do Norte que faz do Brasil um grande exportador de sal. O sal de rocha ou sal-gema é retirado de minas subterrâneas formadas em regiões onde haviam mares e lagos antigos que secaram.</p> <p>Extração de sal marinho, composto iônico.</p>			 <p>Fluorita: mineral do qual se obtém industrialmente o elemento flúor</p>	
		<p>Formação de íons</p>			



Tabela 14 – Imagens dos tipos de ligações químicas em diferentes níveis de profundidade.

(continua)

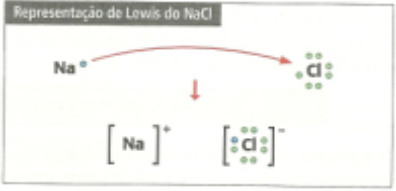
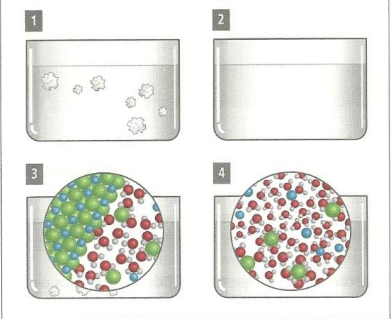
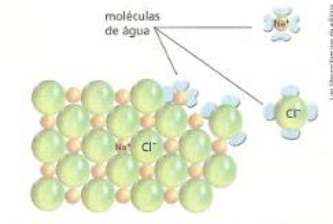
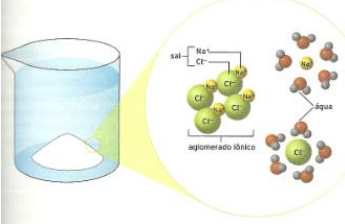
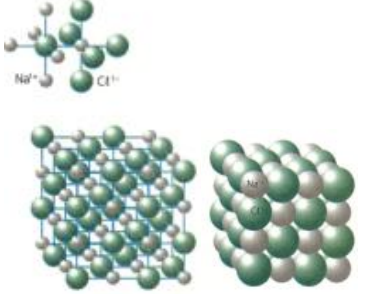
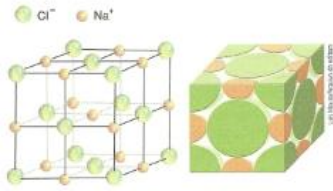
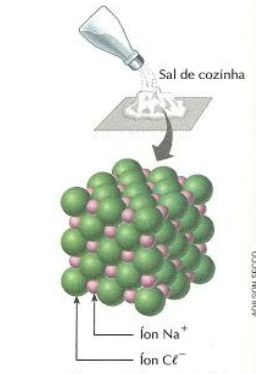
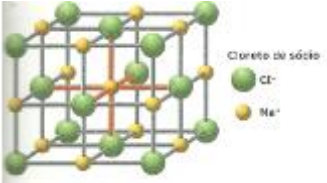
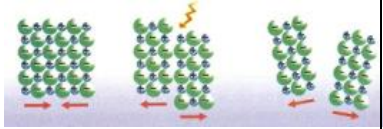
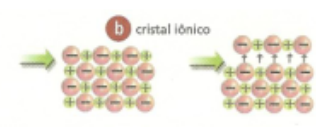
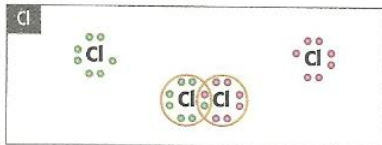


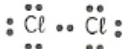
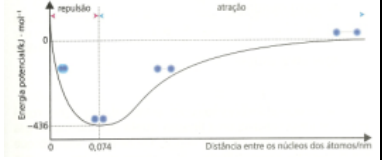
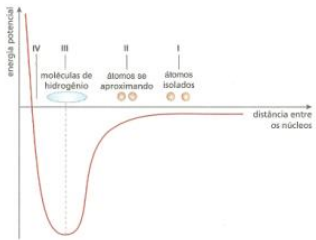
<p><math>\text{Na} \cdot + \cdot \ddot{\text{Cl}} \cdot \longrightarrow \text{Na}^+ [\ddot{\text{Cl}}]^-</math></p> <p>Formação de íons</p>	<p>Representação de Lewis do NaCl</p>  <p>Formação de íons</p>	<p><math>\text{Na} \cdot \cdot \ddot{\text{Cl}} \cdot \cdot \Rightarrow [\text{Na}^+][\ddot{\text{Cl}}]^-</math> Representação dos íons <math>\text{Na}^+</math> e <math>\text{Cl}^-</math></p> <p>Formação de íons</p>		
	 <p>Dissociação iônica</p>	 <p>Figura 9-15: Modelo para a solvatação dos íons de um sólido iônico.</p> <p>Solvatação iônica</p>		 <p>Solvatação iônica</p>
 <p>Retículo cristalino no NaCl</p>		 <p>Retículo cristalino no NaCl</p>	 <p>Retículo cristalino no NaCl</p>	 <p>Retículo cristalino no NaCl</p>

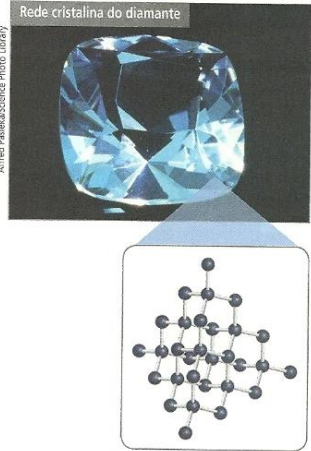
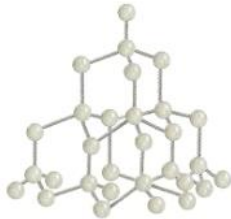
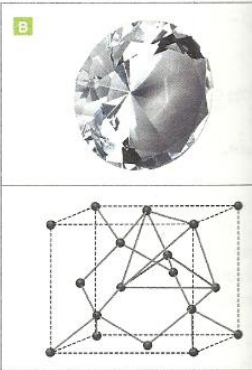
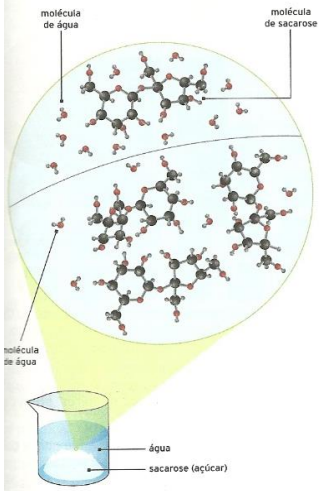
Tabela 14 – Imagens dos tipos de ligações químicas em diferentes níveis de profundidade.

(continua)

					
	Tenacidade dos compostos iônicos		Tenacidade dos compostos iônicos		
<b>Ligação covalente</b>	$\text{H}^\circ + \cdot\text{H} \longrightarrow \text{H}:\text{H}$				
	Estrutura de Lewis para a ligação covalente	Estrutura de Lewis para a ligação covalente	Formação da molécula de hidrogênio.	Estrutura de Lewis para a ligação covalente	Estrutura de Lewis para a ligação covalente
					
	Diagrama de energia x distancia internuclear		Diagrama de energia x distancia internuclear		

Fonte: Do autor.

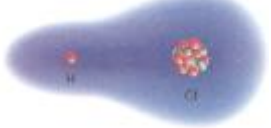

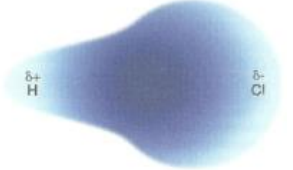
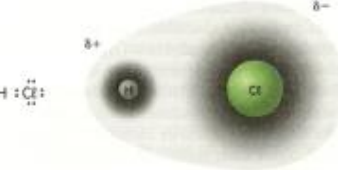

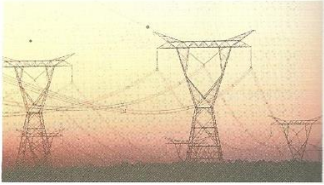

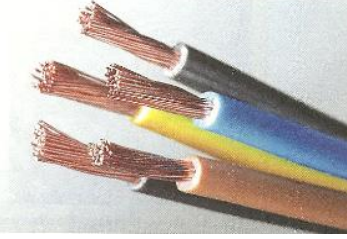
Tabela 14 – Imagens dos tipos de ligações químicas em diferentes níveis de profundidade (continuação).

		<p>Rede cristalina do diamante</p>  <p>Rede cristalina do diamante</p>	 <p>diamante</p> <p>Rede cristalina do diamante</p>		 <p>Rede cristalina do diamante</p>
					 <p>Dissolução do açúcar em água</p>

Fonte: Do autor.

Tabela 14 – Imagens dos tipos de ligações químicas em diferentes níveis de profundidade.

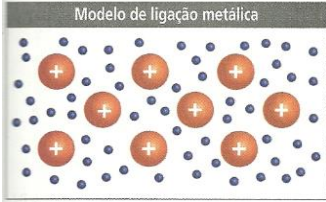
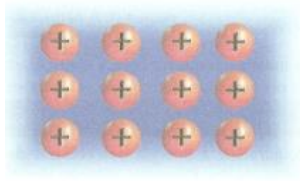
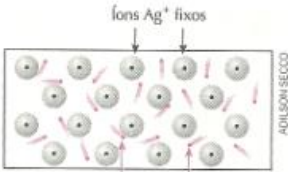
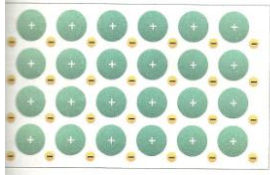
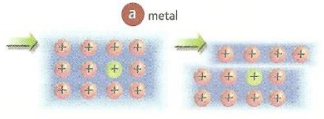
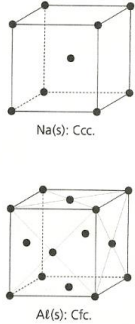
(continua)

	 <p>Polaridade da molécula HCl</p>	 <p>Polaridade da molécula HCl</p>	 <p>Polaridade da molécula HCl</p>		 <p>Polaridade da molécula HCl</p>
<p><b>Ligação Metálica</b></p>	 <p>Instrumento musical, moeda, fio de solda e chave de boca. Objetos fabricados com ligas metálicas.</p> <p>Ligas metálicas</p>		 <p>Condução de eletricidade por meio de fios metálicos</p>	 <p>Condução de eletricidade por meio da prata</p>	 <p>Condução de eletricidade por meio de fiação de cobre</p>

Fonte: Do autor.

Tabela 14 – Imagens dos tipos de ligações químicas em diferentes níveis de profundidade.

(conclusão)

		 <p>Modelo de ligação metálica</p>	 <p>Modelo de ligação metálica</p>	 <p>Modelo de ligação metálica</p>	 <p>Modelo de ligação metálica</p>
			 <p>Modelo que explica a maleabilidade e ductibilidade dos metais</p>		
	 <p>Modelo de ligação metálica: célula unitária do sódio metálico e alumínio metálico</p>				

Fonte: Do autor.

#### 4.11 ATIVIDADE REALIZADA NO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO – ESCOLA ESTADUAL EMÍLIO DA SILVEIRA

A terceira etapa deste estudo consistiu em analisar, a partir da semiótica peirceana, as interpretações dos alunos do terceiro ano do ensino médio sobre imagens selecionadas do conteúdo de ligações químicas. O objetivo desta etapa foi observar qual o papel das imagens na aprendizagem, considerando estas como recurso didático para o ensino. Pode-se também, por meio das categorias fenomenológicas de Peirce, identificar qual o grau da compreensão do aluno acerca do conceito químico abordado.

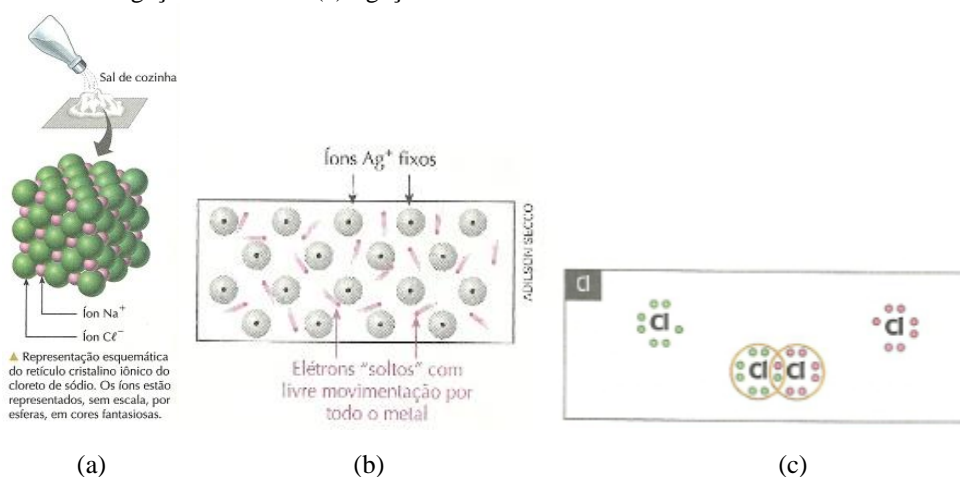
Para realização desta etapa, foram elaboradas duas atividades, as quais serão descritas a seguir.

##### 4.11.1 Primeira atividade: Interpretação da imagem em si

Para realização desta atividade foram selecionadas duas salas do terceiro ano do ensino médio de uma escola estadual do município de Alfenas-MG, que totalizaram 53 alunos participantes das duas atividades. Para isto, foram selecionadas três imagens dos livros didáticos dos conteúdos de ligação iônica, ligação covalente e ligação metálica. Estas foram selecionadas observando o critério de possuírem relação direta com o texto que as acompanham.

As imagens selecionadas foram:

Figura 23 – Imagens selecionadas para realização da atividade 1 referentes à: (a) ligação iônica, (b) ligação metálica e (c) ligação covalente



Fontes: a) e b) PERUZZO e CANTO, 2011; c) MOL, 2010.

Os alunos receberam estas imagens na forma de um questionário que encontra-se no Apêndice A, onde estes deveriam observar as imagens e descrever o que interpretavam em cada uma delas. A partir das respostas dos alunos, pode-se identificar em qual categoria fenomenológica da semiótica periana o aluno se encontra, ou seja, Primeiridade, Secundidade ou Terceiridade.

Como já visto anteriormente, a Primeiridade está relacionada à qualidade, uma primeira impressão da imagem. Isto é evidenciado na resposta do aluno quando este se refere apenas às cores, formas ou movimento representado nas imagens. A identificação desta categoria pode indicar ao professor que o aluno não apresenta os conceitos anteriores necessários para interpretar aquela imagem ou compreender o conteúdo químico em questão.

A Secundidade está relacionada à relação do signo representado com o objeto, referindo-se à ideias de dependência, determinação, ação e reação (ALMEIDA, 2011). Para que a resposta do aluno se enquadre na Secundidade, esta deve conter indicações aos constituintes químicos presentes na imagem, relacionando-os ao conteúdo em questão, não chegando a uma resposta que apresente o conceito geral relacionado. Quando a resposta apresentar o conceito geral do conteúdo relacionado, numa relação de lei, a categoria será a Terceiridade, a qual contempla a relação signo, objeto e interpretante que reflete uma generalização conceitual.

Sabendo em qual categoria o aluno se enquadra é possível ao professor identificar os conceitos que estes compreendem e o que ainda precisa ser trabalhado, onde a utilização de imagens, neste caso, pode contribuir para o levantamento de concepções.

É importante ressaltar que o processo de interpretação de um signo é constante, onde sempre é gerado um novo signo (*ad infinitum*). Estes não podem ser interpretados de maneira exaustiva, dizendo então que o interpretante final está sempre em progresso (SANTAELLA, 1983).

Considerando estes aspectos, é preciso compreender que, para cada categoria identificada, existirá diferentes graus de relações, podendo-se estabelecer novas categorias para cada classe. Por exemplo, a resposta de dois alunos pode ser enquadrada na categoria Secundidade e ser diferentes em termos de conceitos ou constituintes químicos identificados. O que ocorre é que a Secundidade também contemplará as três categorias - Primeiridade, Secundidade e Terceiridade, e assim por diante, como exemplificado a seguir.

1. Primeiridade;	2. Secundidade;	3. Terceiridade;
1.1 – Primeiridade	2.1 – Primeiridade	3.1 – Primeiridade
1.2 – Secundidade	2.2 – Secundidade	3.2 – Secundidade
1.3 – Terceiridade	2.3 – Terceiridade	3.3 – Terceiridade

Isto pode refletir um grau de complexidade, como por exemplo, um aluno apresentar em sua resposta uma interpretação em nível de Terceiridade, porém estar em um nível elementar, intermediário ou avançado, respectivamente às categorias apresentadas acima. A resposta do aluno pode apresentar características do senso comum ou uma elaboração conceitual, o que diferencia a análise. Numa análise puramente semiótica o aluno pode estar no plano da Terceiridade devido à formulação de uma resposta com caráter de interpretação. Porém, numa análise semiótica levando em consideração os conceitos químicos apresentados, a categoria poderá ser diferente, pois a partir do momento em que os conceitos apresentados são equivocados, há um indicativo de que o aluno pode estar num nível muito elementar da Terceiridade ou num nível avançado da Secundidade, num processo de transição entre as categorias.

Assim, esta análise considerará os aspectos conceituais apresentados nas respostas dos alunos, observando que, quando houver características de Terceiridade, haverá uma nova análise, evidenciando se este está num nível elementar, intermediário ou avançado na compreensão do conteúdo relacionado.

Realizou-se a atividade em uma aula em cada turma fornecida pelo professor da disciplina, ou seja, uma atividade pontual. Isso deve ser considerado nas análises, visto que não foi possível o acompanhamento da turma, participando de todo o processo de ensino e aprendizagem. Sendo assim, é importante destacar que, como eram turmas de terceiro ano, considerou-se que o conteúdo de ligações químicas já havia sido estudado nos anos anteriores. Portanto, explicou-se aos alunos no início da atividade como esta ocorreria, onde os alunos receberam o termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE B) e a atividade proposta. Algumas questões direcionadoras foram colocadas no quadro:

- Descreva o que você observa na imagem;
- Quais são as entidades químicas representada na figura;
- A que conteúdo químico ela se relaciona;
- Qual o significado químico dos elementos representados na figura;



- Imagine que você é um professor de química e tenha que explicar essa figura para um aluno. Como você explicaria?

Os alunos tiveram uma aula para fazer esta atividade individualmente. Anterior à atividade elaborou-se um inventário para cada imagem para assim proceder com as categorizações. O quadro abaixo apresenta este inventário.

Quadro 1 – Inventário químico elaborado para categorização das respostas.

(continua)

	<h3 style="text-align: center;">Ligação Iônica</h3> <p><b>Primeiridade:</b> A resposta do aluno deve apresentar aspectos relacionados à qualidade, ou seja, bolas rosas e verdes organizadas periodicamente.</p> <p><b>Secundidade:</b> A resposta do aluno deve apresentar a identificação dos constituintes químicos representados na imagem, como por exemplo bolas rosas e verdes que representam os íons sódio e cloro, observando ser um zoom do sal de cozinha.</p> <p><b>Terceiridade:</b> A resposta do aluno deve apresentar a compreensão de que existe uma relação na organização destes íons, referindo às cargas opostas que estes carregam, e isto relacionado às propriedades periódicas dos elementos envolvidos. Há o entendimento que estes íons vão se atrair mutuamente, e, de maneira alternada, se alinharão nas três dimensões.</p>
	<h3 style="text-align: center;">Ligação Covalente</h3> <p><b>Primeiridade:</b> A resposta do aluno deve apresentar a observação de bolas verdes e vermelhas rodeando letras.</p> <p><b>Secundidade:</b> A resposta do aluno deve mostrar que estas bolas são compreendidas como elétrons rodeando os átomos de cloro, onde se entende ser a camada de valência.</p> <p><b>Terceiridade:</b> A resposta do aluno deve mostrar o entendimento de que como os átomos de cloro possuem a mesma eletronegatividade, seus núcleos exercem a mesma força de atração sobre os elétrons, formando uma ligação de caráter covalente.</p>

Fonte: Do autor.

Quadro 1 – Inventário químico elaborado para categorização das respostas.

(conclusão)

### Ligação Metálica

**Primeiridade:** A resposta do aluno pode apenas dizer que esta contém bolas com setas ao seu redor.

**Secundidade:** A resposta do aluno deve apresentar as possíveis relações destas bolas com o íon prata, e, a partir da etiqueta identifica que as setas são os elétrons se movimentando pelos íons.

**Terceiridade:** A resposta do aluno deve apresentar que um metal sólido possui íons metálicos ordenados, onde seus elétrons de valência estão livres para se movimentarem por todo o metal, dando a este as características de serem bons condutores elétricos e térmicos.

Fonte: Do autor.

A partir deste inventário foi possível analisar cada resposta dos alunos e verificar qual a categoria fenomenológica de Peirce a interpretação se enquadra. As tabelas abaixo contém esta classificação, onde os alunos foram identificados como A1 à A28 e B1 à B25, respectivamente às duas turmas participantes. As categorias foram: Primeiridade, Secundidade, Terceiridade, Sem resposta ou Cópia (reprodução da legenda ou etiqueta presente na imagem).

Tabela 15 – Classificação das respostas dos alunos quanto às categorias fenomenológicas de Peirce (TURMA A)

	Ligação Iônica	Ligação Covalente	Ligação Metálica
<b>Secundidade</b>	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A,26, A28	A3, A4, A9, A10, A11, A12, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A25,	A9, A10, A14, A17, A18, A19, A20, A22, A23, A25, A26
<b>Terceiridade</b>	A21, A22, A23, A24, A27	A1, A2, A5, A13, A21, A22, A23, A24, A26, A27, A28	A1, A2, A3, A11, A12, A13, A15, A21, A24, A27, A28
<b>Sem resposta</b>		A6, A7, A8	A4, A5, A6, A7, A8, A16
<b>Cópia</b>	A25		

Fonte: Do autor.

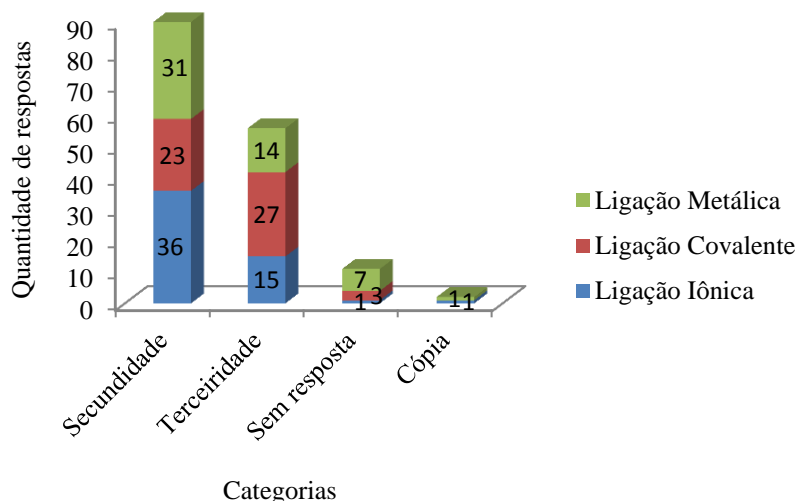
Tabela 16 – Classificação das respostas dos alunos quanto às categorias fenomenológicas de Peirce (TURMA B).

	Ligação Iônica	Ligação Covalente	Ligação Metálica
<b>Secundidade</b>	B7, B8, B9, B13, B14, B16, B17, B18, B20, B21, B22, B23, B24, B25	B6, B8, B9, B10, B13, B16, B17, B18, B25	B1, B2, B3, B5, B7, B9, B10, B11, B13, B14, B15, B16, B17, B18, B20, B21, B22, B23, B24, B25
<b>Terceiridade</b>	B1, B2, B3, B4, B5, B10, B11, B12, B15, B19	B1, B2, B3, B4, B5, B7, B11, B12, B14, B15, B19, B20, B21, B22, B23, B24	B4, B12, B19
<b>Sem resposta</b>	B6		B6
<b>Cópia</b>			B8

Fonte: Do autor.

A partir dos dados tabelados é possível verificar que há uma variação nas respostas dos alunos, onde observa-se grande quantidade na Secundidade e Terceiridade. A figura abaixo mostra o somatório das duas turmas num gráfico, onde 57% dos alunos foram classificados na Secundidade e 35% na Terceiridade.

Figura 24 – Gráfico representando a categorização das duas turmas participantes



Fonte: Do autor.

Conforme Santaella (1983) aponta, Secundidade pressupõe Primeiridade e Terceiridade pressupõe Primeiridade e Secundidade. Peirce aponta também que a

Primeiridade é imediata e na maioria das vezes a relação com o objeto ocorre rapidamente, atingindo a Secundidade. Isso pode explicar a questão da uma grande porcentagem dos alunos estar no nível da Secundidade.

Classificou-se a resposta do aluno na Terceiridade a partir do momento que apresentasse caráter de interpretação, conforme o inventário químico mostrado anteriormente. É importante ressaltar que existem níveis a serem considerados dentro desta categoria, sendo os níveis elementar, intermediário e avançado, observando os conceitos químicos apresentados. Das respostas classificadas na Terceiridade (56), 42 são elementares, 11 são intermediários e 3 são avançadas. Isso demonstra que a maioria dos alunos classificados nesta categoria compreende os conceitos fundamentais presentes na imagem, porém não conseguem formular uma resposta que apresente todas as características importantes para o tipo de ligação química relacionada.

Abaixo são apresentadas algumas características gerais evidenciadas nas respostas dos alunos:

- Há alunos que apenas indicam em suas respostas aquilo que evidenciam na imagem, seus constituintes.
- Há alunos que reproduzem o que está descrito na legenda.
- Há respostas com conceitos errôneos, porém classificadas nas categorias de acordo com o tipo de interpretação. Estes conceitos serão abordados posteriormente.
- A Ligação covalente é às vezes interpretada como sinônimo de “mesma quantidade de elétrons”.
- Utilizam o termo “molécula” no lugar de “elétron”.
- Comparam ganhar elétron com estabilidade da molécula ou átomo.
- Respostas muito generalizadas, há indícios de cópia dos colegas.
- Alguns alunos não conseguem formular suas respostas. Palavras jogadas.
- Nenhuma resposta para ligação metálica identifica os elétrons soltos como elétrons da camada de valência.
- O conceito de ligação metálica é o mais “desconhecido” pelos alunos.
- Alguns alunos falam qual o tipo de ligação química está representada na imagem, porém não explicam o conceito envolvido.

A partir destas características evidenciadas nas respostas dos alunos, seguirá uma discussão acerca de algumas destas consideradas relevantes neste estudo.

#### 4.11.1.1 Primeira atividade: Ligação Iônica

Em relação às respostas para a imagem do conteúdo de *ligação iônica*, tem-se a maioria classificada na Secundidade (68%), identificando que estes alunos fizeram a relação signo-objeto, porém não foi gerado um interpretante de caráter de lei, ou seja, não houve a formulação de uma resposta com caráter de interpretação. Como exemplo, tem-se a resposta do aluno A12:

*A12: “é uma cadeia fechada, representa um cloreto de sódio (sal de cozinha) representado por bolinhas verdes as partículas de cloro com carga negativa (elétrons) e as bolinhas rosas as partículas de sódio com carga positiva (prótons)”.*

Questiona-se o que porque o aluno utiliza o termo ‘cadeia fechada’ em sua resposta. Talvez a representação submicroscópica do sal dê a impressão de que o retículo cristalino representado seja finito, onde o aluno não compreende que aquela representação indica que a estrutura do sal ‘continua’ nas três dimensões. Há também a utilização do termo ‘partícula’ ao invés de átomo de cloro e sódio, respectivamente. Isso evidencia que o aluno não compreende os conceitos relacionados. Mesmo que o significado original do termo átomo significasse uma partícula que não pode ser dividida em partículas menores, no contexto científico atual a definição de átomo é que este é constituído por partículas subatômicas menores correspondentes aos prótons, nêutrons e elétrons (BROWN, 2005).

Os alunos A16, A19 e B23 apresentam em suas respostas apenas a identificação dos constituintes da imagem, relacionando signo ao objeto.

*A16: “tem sal de cozinha, íon  $Na^+$ , íon  $Cl^-$ .”*

*A19: “contém íon (íon  $Na^+$  é representado pela bolinha rosa e o íon  $Cl^-$  é representado pela bolinha verde)”.*

*B23: “Sal: cloreto de sódio.*

*Representa as moléculas do cloreto de sódio.*

*$Na^+$  = chama-se cátion.*

*$Cl^-$  = chama-se ânion”.*

Estas respostas são características da Secundidade no sentido de apenas apresentarem aquilo que estão identificando na imagem, considerando os constituintes químicos representados, porém, sem fazer uma relação entre estes constituintes, sem um grau de interpretação proposto pela Terceiridade.

Quanto à Terceiridade, tem-se 28% dos alunos classificados nesta categoria, os quais são subclassificados em elementar, intermediário e avançado. As respostas dos alunos A21, A24, B1, B4, e B19 são classificadas como elementares, pois apresentam uma interpretação básica da imagem e seus conceitos químicos relacionados, onde a imagem representa a atração de íons para a formação da ligação ou a doação de elétrons.

Estas respostas, como abordado anteriormente, apresentam características de lei, onde existem evidências da compreensão dos conceitos relacionados à formação da ligação iônica. São identificadas as relações triádicas fundamento-objeto-interpretante, onde os interpretantes dinâmicos gerados são de diferentes níveis interpretativos.

Considerando estas quantificações, evidencia-se que, mesmo em nível de Terceiridade, é possível que o aluno não tenha compreendido o conteúdo estudado em caráter de lei, abordando o conceito químico geral. No plano semiótico, o aluno encontra-se na Terceiridade porque em sua resposta há caráter de interpretação conceitual, porém, no contexto químico é necessário que estas sejam reclassificadas de acordo com o grau de interpretação apresentado. Abaixo tem-se as respostas dos alunos citados:

**A21:** *“o cloreto de sódio (sal de cozinha) cuja fórmula molecular é NaCl, juntos por ligação iônica, que é a doação de elétrons de Na para Cl”.*

**A24:** *“São moléculas de cloreto de sódio (NaCl). É de ligação iônica pois apresenta os íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>. O Na<sup>+</sup> é cátion enquanto o Cl<sup>-</sup> é ânion. O Na<sup>+</sup> doa carga, elétron para o Cl (cloro)”.*

**B1:** *“NaCl sal de cozinha. As duas substâncias se atraem formando ligações: ligações químicas”.*

**B4:** *“A imagem representa como é a ligação iônica do sal de cozinha (NaCl). Na<sup>+</sup> está ilustrado com a cor rosa e apresenta carga positiva e Cl<sup>-</sup> na cor verde com carga negativa, e todos estão juntos, ou seja, cargas opostas se atraem formando ligações”.*

**B19:** *“A imagem representa o sal, que contém Na (sódio) e Cl (cloro) formando o cloreto de sódio (NaCl). O íon Cl é negativo pois possuem ânions. Já o íon Na apresenta carga positiva, gerando cátions. Apresenta uma ligação iônica”.*

O aluno B19, por exemplo, responde que “o íon Cl é negativo, pois possuem ânions e o íon Na apresenta carga positiva, gerando cátions”. Observando esta resposta pode ser evidenciado que o aluno não compreende o conceito relacionado ao íon. De acordo com Brown (2005), um átomo neutro quando recebe ou doa elétrons fica eletricamente carregado, formando uma partícula carregada chamada íon, onde um íon com carga positiva é chamado de cátion e um íon com carga negativa é chamado de ânion. Assim, esta é classificada como elementar, visto ao caráter básico da resposta contendo conceitos errôneos.

Considerando que a interpretação de um signo ocorre por meio da tríade fundamento-objeto-interpretante (PEIRCE, 2010), evidencia-se na resposta do aluno B19 que o mesmo identifica, ao observar a imagem, o signo como fundamento ‘cargas opostas’ o qual representa seu objeto, que é caracterizado pelos ‘íons’. O interpretante dinâmico gerado no aluno foi a identificação do tipo de ligação química representada na imagem, ou seja, uma ‘ligação iônica’. Esta relação classifica esta resposta como Primeiridade dentro da Terceiridade, considerada como elementar no contexto químico.

O aluno B10 tem sua resposta classificada como *intermediária*. Em sua resposta é possível observar relações como atração dos íons e também um indício de compreensão de uma quantidade não limitada da estrutura cristalina representada.

**B10:** “É uma representação iônica do cloreto de sódio (sal). Mostra a quantidade de íons que representa cada pequena quantia de sal. Tem seus íons positivos e negativos, assim se atraem, formando ligações”.

A relação que o aluno apresenta traz indícios de que há compreensão de que o sal pode ser representado por várias células unitárias do NaCl, colocados lado a lado e uns sobre os outros (ATKINS e JONES, 2006) ao dizer que a imagem representa “a quantidade de íons que representa cada pequena quantia de sal”.

Pela tríade fundamento-objeto-interpretante, é possível considerar que o fundamento se caracteriza pela ligação química representada (ligação iônica), a qual possui como objeto a representação de células unitárias. A relação fundamento-objeto produz um interpretante dinâmico na mente do aluno que considera que o aglomerado de células unitárias forma o retículo cristalino característico de compostos iônicos.

É importante considerar que o interpretante dinâmico será diferente para cada intérprete, o que é característico de todos os signos, pois há vários níveis de efeitos

interpretativos que um signo pode produzir em uma mente (SANTAELLA, 2005). Há, nesta classificação, uma relação de Secundidade presente na Terceiridade.

No nível *avançado* se encontram respostas consideradas generalizações dos conceitos relacionados à ligação iônica, em que apresentam maior caráter de interpretação. O aluno B11 encontra-se neste nível.

**B11:** *“É uma imagem que se relaciona com a química que fala sobre a composição do sal de cozinha ou cloreto de sódio (NaCl) que é formado pelo ânion  $Cl^-$  e pelo cátion  $Na^+$ , pois para ficarem juntos e formarem a composição química do sal de cozinha os sinais devem ser opostos para manter a atração e continuar fixa a composição do tempero. O Cl está na 7A e precisa ‘receber’ elétrons e o Na está na 1A e precisa perder um elétron para ficar estável. Então o Na doa e Cl ‘recebe’”*.

Em sua resposta é possível observar que há o entendimento de que o sal de cozinha tem em sua composição íons de cargas opostas que se atraem e formam o composto, relacionando com as propriedades periódicas dos átomos em questão. O termo ‘estabilidade’ é utilizado ao fazer referência à doação de um elétron do sódio para o cloro, relacionando à teoria do octeto. Esta resposta caracteriza um grau avançado na Terceiridade devido as características apresentadas acima, onde é possível verificar em sua resposta interpretação e compreensão da formação de uma ligação do tipo iônica.

Considerando, portanto, a relação triádica de um signo, pode-se dizer que o fundamento deste é representado pelo ‘composto iônico’, o qual é caracterizado pela natureza dos elementos que formam os íons, como por exemplo, tendência de formar cátions ou ânions. O interpretante gerado apresenta a associação de que a formação do composto depende das propriedades dos elementos. Assim, é possível dizer que o interpretante gerado tem caráter de lei, num aspecto de Terceiridade dentro da Terceiridade. Isto não significa que o interpretante é final, pois Santaella (2005) afirma que nenhuma mente é capaz de interpretar um signo de todas as maneiras possíveis de forma exaustiva. Sendo assim, considera-se que o interpretante final está sempre em progresso, num processo infinito.

Também é possível evidenciar que, nas três classificações realizadas para a Terceiridade (elementar, intermediário e avançado), cada interpretante gerado se tornou o fundamento da classificação posterior, proporcionando a compreensão de que as respostas dos



alunos possuíram diferentes níveis de interpretação, o que caminha de acordo com a classificação dos signos proposta por Peirce.

#### 4.11.1.2. Primeira atividade: Ligação Covalente

Para a **ligação covalente**, tem-se 43,5% de alunos classificados na Secundidade e 51% na Terceiridade. Primeiramente serão apresentados alguns exemplos classificadas na Secundidade.

**A12:** “*Ligação covalente, cloro formando uma molécula*”.

**A14:** “*Ligação covalente por liga o mesmo número de eletrons*”.

**A17:** “*A ligação entre átomos de cloro. Na qual as moléculas são representadas pelo verde e rosa*”.

**B8:** “*Representa os átomos de cloro ( $Cl_2$ ) antes e depois de ligados para formar uma molécula de cloro ( $Cl_2$ )*”.

Nestas respostas há a identificação dos constituintes da imagem e a indicação do tipo de ligação presente entre os átomos de cloro. Na resposta do aluno B8 identifica-se que este indica átomos de cloro e molécula de cloro pelo símbolo  $Cl_2$ , evidenciando a falta de compreensão do termo átomo e molécula. O aluno A14 indica que é uma ligação covalente por ligar o mesmo número de elétrons. Esse tipo de interpretação também foi evidenciada em outras respostas, as quais indicam que a compreensão da ligação covalente está baseada aos átomos possuírem o mesmo número de elétrons na camada de valência. Evidencia-se que relações fundamento-objeto são estabelecidas, de modo que interpretantes dinâmicos com caráter generalizado não são criados.

A maioria das respostas foi classificada na Terceiridade e subclassificadas, como realizado para a ligação iônica, em elementar, intermediário e avançado. Abaixo tem-se alguns exemplos de respostas classificadas como *elementares*.

**B11:** “A imagem representa uma ligação covalente entre os elementos químicos (Cl) em que os elétrons que faltam para completar a última camada de valência de um cloro são atraído pelo outro cloro que perde elétrons e recebe ao mesmo tempo”.

**B12:** “Esta imagem é uma ligação covalente porque um cloreto está atraindo o outro para se equilibrarem e fazerem a ligação assim sendo  $Cl_2$ ”.

Observa-se nestas respostas que há a compreensão do tipo de ligação química envolvida e a necessidade dos átomos de cloro em receber um elétron na camada de valência para se comportarem como os gases nobres.

A resposta do aluno B11 indica que o cloro perde um elétron da camada de valência e recebe ao mesmo tempo. De acordo com Brown (2005) e Toma (2013), quando dois átomos de cloro estão próximos o suficiente um do outro, ocorrem interações eletrostáticas, onde os dois núcleos tem cargas iguais possuindo então a tendência de repelirem-se. Assim, a força de atração deve exceder a força de repulsão para que a molécula seja formada e haja compartilhamento do par eletrônico.

Ao considerar o processo de semiose do signo, tem-se que o fundamento deste está relacionado à representação do ‘elemento químico cloro’, o qual representa como objeto os ‘elétrons na camada de valência’. A relação fundamento-objeto gera um interpretante dinâmico na mente do aluno, o qual identifica o tipo de ligação química representada.

Em nível *intermediário*, tem-se os seguintes exemplos:

**A13:** “Ligação covalente entre 2 átomos de cloro formando uma molécula de cloro ( $Cl_2$ ) onde ocorre o compartilhamento de 2 elétrons”.

**B5:** “É uma ligação covalente, pois estão compartilhando um par de elétrons. Todos dois “precisam e um elétron, então compartilham”.

**B7:** “Os cloros estão compartilhando seus elétrons da última camada formando a molécula de cloro  $Cl_2$ . O cloro precisa de 8 elétrons para se manter estável na última camada, na imagem os dois átomos de cloro estão dividindo um par de elétron para se manterem estável”.

Estas respostas tem em comum apresentarem o termo compartilhamento de elétrons, onde evidenciam que, para o átomo de cloro ficar estável, ou seja, possuir a configuração eletrônica de gás nobre, este deve receber um elétron. Assim, dois cloros compartilham um

par eletrônico para se manterem estáveis. É possível estabelecer que, a partir da imagem representada, os alunos conseguem evidenciar o tipo de ligação presente por esta representar a camada de valência dos átomos e o compartilhamento eletrônico é facilmente identificado. Mesmo não apresentando a legenda da imagem, esta é de fácil interpretação.

Quanto à relação triádica evidenciada no processo de semiose do signo, as respostas apresentam como fundamento a ‘ligação química representada’, a qual tem por objeto o ‘compartilhamento de elétrons pelos átomos de cloro’. Assim, gerou-se no intérprete um interpretante dinâmico que relaciona a formação da molécula de  $\text{Cl}_2$  com a estabilidade adquirida pelos elementos ao formarem a ligação covalente.

Em relação ao nível *avançado*, há uma resposta classificada, a qual é apresentada abaixo:

*A5: “Eu observei que os elétrons esta rodando o núcleo atômico. Os átomos de cloro antes e depois de ligados, forma a molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ). Ela representa a molécula de cloro, ela tem 7 elétrons e para ficar estabilizada tem que ter 8 elétrons na ultima camada. Observando a figura tem 7 elétrons em cada Cl. Então os dois Cl se unem e vai tem o compartilhamento de 2 elétrons”.*

Os conceitos apresentados por este aluno são apresentados nas respostas consideradas intermediárias, porém a resposta do aluno A5 demonstra um maior grau de interpretação devido à formulação de sua resposta, considerando os átomos antes e depois de formarem a molécula de cloro, a estabilidade que buscam e o compartilhamento de elétrons necessários para atingir a configuração dos gases nobres.

Assim, sabe-se que a relação fundamento-objeto-interpretante é estabelecida quando o fundamento é evidenciado na resposta do aluno como a ‘molécula de  $\text{Cl}_2$ ’, sendo o objeto caracterizado pela natureza dos elementos que formam a molécula. Nesse sentido, é gerado um interpretante dinâmico que aborda a formação do composto dependente das propriedades dos elementos envolvidos.

É possível verificar que em todos os níveis os alunos encontram dificuldades em formular suas respostas onde há muitas vezes palavras e frases desconexas e isso torna a classificação difícil. Sendo assim, busca-se em meio a estas respostas encontrar a essência de sua interpretação, tentando verificar se os conceitos necessários são estabelecidos, mesmo que de maneira arbitrária.

#### 4.11.1.3 Primeira atividade: Ligação Metálica

Para a *ligação metálica*, tem-se que 58,5% das respostas estão classificadas na Secundidade, 26,5% na Terceiridade e 13% dos alunos não responderam. Inicialmente serão apresentadas as respostas classificadas na Secundidade.

As respostas para este nível seguem o padrão das anteriores no que se refere ao apresentar os constituintes químicos presentes nas imagens, ou seja, relacionam signo à objeto. Como exemplo tem-se as seguintes respostas:

*A17: “Representa os íons que estão fixos e a movimentação dos elétrons por todo o metal”.*

*A18: “Demonstra a movimentação dos elétrons em uma peça de metal”.*

*A19: “As bolinhas paradas são íons fixos ( $Ag^+$ ). Já os que estão movimentando são íons soltos”.*

As respostas para este conteúdo apresentaram os termos presentes nas etiquetas da imagem, ou seja, “íons fixos” e “elétrons soltos”. O aluno A19 fala “íons soltos” ao invés de elétrons, possibilitando interpretar que este pode ter confundido na hora de escrever ou realmente não compreender os significados dos termos representados na imagem. Há relações fundamento-objeto evidenciadas, não sendo gerados interpretantes com caráter de lei.

Como a maioria das respostas se enquadra na Secundidade, é possível verificar que os alunos apresentam uma falta de conhecimento do conteúdo de ligação metálica. Conforme foi apresentado no início deste capítulo nas características evidenciadas nas respostas dos alunos, os conceitos relacionados à ligação metálica são os mais desconhecidos por estes. Há indícios de cópia das etiquetas presentes na imagem.

As respostas que se enquadraram na Terceiridade apresentaram uma maior elaboração, e, conforme apontado anteriormente, um grau de interpretação mais aprofundado. Em nível *elementar*, são apresentados os seguintes exemplos:

*A2: “Ligações metálicas entre os íons de prata onde os elétrons em constante movimentação fazem ligação”.*

*A3: “Elétrons soltos que fazem um movimento sobre o metal, e fazem eles se unirem formando uma ligação metálica”.*

A característica que faz estas respostas serem classificadas como terceiro-elementar é apresentarem como fundamento o ‘íon metálico’, sendo o objeto representado pela ‘movimentação dos elétrons entre os íons’. Assim, um interpretante dinâmico é gerado, apresentado como característica a identificação do tipo de ligação representada na imagem, ou seja, a ligação metálica.

No nível *intermediário* são apresentadas as respostas dos alunos A24 e B4.

**A24:** “Neste caso ocorre a ligação metálica, que é a união de íons, neste caso de prata com elétrons. Fazendo de tal forma ficarem estáveis e ter ligamentos. Os elétrons se movimentam ao redor dos íons”.

**B4:** “A imagem representa uma ligação metálica da prata ( $Ag^+$ ) que possui carga positiva e os elétrons em livre movimentação, porque a todo momento são atraídos pelos átomos de metal”.

Estas respostas apresentam um grau de elaboração maior que as anteriores, pois consideram, por exemplo, as cargas dos íons e elétrons serem responsáveis pela atração destes e formação do metal sólido. A resposta do aluno A24 apresenta o termo “ter ligamentos” o que sugere às ligações formadas devido a atração dos íons e elétrons.

Considerando a relação triádica de um signo, o fundamento é identificado como o tipo de ligação química representada, ou seja, a ‘ligação metálica’, o qual é representado pelo objeto ‘íons positivos atraindo elétrons’. Esta relação gera um interpretante dinâmico que relaciona a movimentação dos elétrons em torno dos íons ser responsável por estes ficarem fixos. Essa relação identifica uma relação de Secundidade presente na Terceiridade.

Em nenhuma resposta foi apresentado que os elétrons soltos são pertencentes à camada de valência do metal. Isso demonstra que há uma falta de compreensão quanto à formação da ligação metálica. Nesse sentido, é possível considerar que uma resposta em nível avançado apresentaria como fundamento o metal representado, sendo seu objeto caracterizado pela natureza do elemento que forma o metal. Assim, um interpretante dinâmico possível de ser gerado seria a compreensão de que a formação do metal ocorre por meio da movimentação de elétrons entre íons positivos, os quais tendem a se repelir, porém, os elétrons em movimento proporcionam uma atração, fazendo com que os íons fiquem fixos, formando o metal. Estes elétrons são provenientes da camada de valência destes íons metálicos.

As etiquetas presentes na imagem favoreceram a interpretação dos alunos acerca deste conteúdo, porém não se pode afirmar que os conceitos envolvidos são compreendidos pelos alunos. Para este conteúdo não foram encontradas respostas em um nível avançado, evidenciando que este conteúdo apresenta mais dificuldade em sua compreensão.

A presença de etiquetas e legendas, como já discutido neste trabalho, é essencial para a interpretação e compreensão de uma imagem relacionada a determinado conteúdo. Uma imagem que possui um alto grau de relação com o texto que a acompanha e apresenta em sua constituição legenda e etiquetas, possui um grande potencial em auxiliar a aprendizagem.

Nesse sentido, pode-se dizer que as imagens devem acompanhar o processo de ensino e aprendizagem. Os alunos devem ser educados a utilizar as imagens como um recurso facilitador e auxiliador da aprendizagem. Cabe ao professor selecionar imagens que estejam conceitualmente adequadas e que tenham em sua constituição legendas e etiquetas que auxiliem os alunos a interpretá-las.

#### **4.11.2 Segunda atividade: Interpretação da imagem juntamente com o texto que a acompanha**

A segunda atividade foi realizada com os mesmos alunos participantes da primeira, totalizando 53 alunos. Utilizou-se as mesmas imagens, porém agora juntamente com os textos que as acompanhavam, conforme quadro abaixo. A atividade ocorreu em outra aula fornecida pelo professor, onde os alunos receberam as imagens com seus respectivos textos. Estes deveriam fazer uma leitura do texto e imagem, e assim fazer uma interpretação própria do que entendeu. O objetivo neste momento foi verificar qual a influência do texto para a interpretação da imagem, bem como verificar se este auxilia os alunos a compreenderem o conteúdo em questão.

Quadro 2 – Imagens e seus respectivos textos utilizados na segunda atividade.

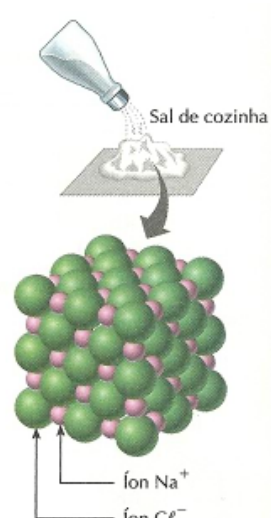
### Ligação iônica

**Representação dos átomos isolados**  $\text{Na} \cdot \quad \cdot \ddot{\text{Cl}} \cdot \Rightarrow \left[ \text{Na}^+ \right] \left[ \ddot{\text{Cl}}^- \right]$  **Representação dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$**

Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  possuem cargas elétricas opostas; portanto se atraem mutuamente. Essa atração mantém os íons unidos, formando uma substância muito conhecida, o cloreto de sódio (comercializado como sal de cozinha), representado pela fórmula  $\text{NaCl}$ . Tal união é chamada de **ligação iônica** (alguns a denominam **ligação eletrovalente**).

Se conseguíssemos ampliar um daqueles cristais de sal presentes num saleiro, veríamos um arranjo regular de cátions  $\text{Na}^+$  e de ânions  $\text{Cl}^-$ , conhecido como **retículo cristalino iônico**, ilustrado esquematicamente ao lado.

O cloreto de sódio é apenas um exemplo de **composto iônico**, ou seja, um composto formado por íons. De modo geral, **sempre que um elemento, que necessite doar elétrons para se estabilizar, se unir a outro, que necessite recebê-los, a união se dará por ligação iônica**. Veja mais dois exemplos:



▲ Representação esquemática do retículo cristalino iônico do cloreto de sódio. Os íons estão representados, sem escala, por esferas, em cores fantasiosas.

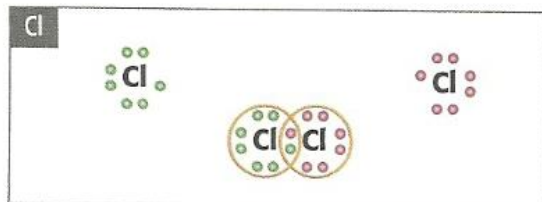
Fonte: PERUZZO, F. M.; CANTO, E.L. (2011, p. 146).

---

### Ligação Covalente

Para entendermos os diversos tipos de ligação covalente, vamos usar a representação eletrônica de Lewis. Nela, indicamos os elétrons da camada de valência de cada átomo, sendo que os elétrons compartilhados são representados entre os símbolos dos átomos ligantes. Veja como fica a molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ).

Cl



Representação dos **átomos de cloro** antes e depois de ligados, para formar uma molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ).

Observe que, isoladamente, cada átomo de cloro possui sete elétrons na camada de valência. Entretanto, quando se ligam, eles passam a compartilhar dois elétrons – um de cada átomo –, adquirindo estrutura eletrônica semelhante à dos átomos de argônio. Essa é a denominada **ligação covalente simples**, porque há compartilhamento de um par de elétrons originários dos dois átomos ligantes.


Fonte: MÓL, G. S.; SANTOS, W.L.P. (2010, p. 270).

**Ligação Metálica**

**5.2 Ligação metálica e o modelo do mar de elétrons**

Uma vez que os metais são bons condutores de corrente elétrica, é de esperar que eles possuam em sua estrutura **elétrons livres** para se movimentarem. Essa é uma das evidências que conduziram à elaboração do modelo da ligação química existente nos metais.

Como já vimos, os núcleos dos elementos classificados como metais não exercem uma atração muito grande sobre os elétrons da sua última camada. Por isso, possuem alta tendência a perder elétrons. Dessa forma, os cientistas admitem que um metal sólido é constituído por átomos metálicos em posições ordenadas com seus elétrons de valência livres para se movimentarem por todo o metal. Assim, temos um “amontoado” organizado de íons metálicos positivos mergulhados num “mar de elétrons” livres. Esse é o chamado **modelo do mar de elétrons**, que explica a condutividade elétrica dos metais. Ele está representado no esquema da figura ao lado.



Fonte: PERUZZO, F. M.; CANTO, E.L. (2011, p. 157).

Propôs-se duas questões direcionadoras, conforme a primeira atividade, para que os alunos refletissem:

- Qual o significado químico dos elementos representados na figura?
- Imagine que você é um professor de química e tenha que explicar essa figura para um aluno. Como você explicaria?

Com o texto em mãos verificou-se que muitos alunos, ao responderem o que foi proposto, reproduziram os textos fornecidos. Do total de 53 alunos participantes, apenas 24 respostas foram consideradas para a imagem referente à ligação iônica, 25 para a ligação covalente e 20 para a ligação metálica, ou seja, aproximadamente 50% dos alunos copiaram os textos fornecidos e suas respostas não foram consideradas (TABELAS 17 e 18).

Tabela 17 – Classificação das respostas dos alunos quanto às categorias fenomenológicas de Peirce – Atividade 2 (TURMA A).

	<b>Ligação Iônica</b>	<b>Ligação Covalente</b>	<b>Ligação Metálica</b>
<b>Secundidade</b>	A2, A9, A14, A16, A17, A26	A8, A9, A26	A9, A10, A12, A15, A21, A26
<b>Terceiridade</b>	A3, A4, A10, A11, A12, A20, A24, A27, A28	A2, A3, A10, A11, A12, A14, A15, A17, A20, A24, A27, A28	A2, A3, A17, A24, A27, A28
<b>Sem resposta</b>	A23	A23	A23
<b>Cópia</b>	A1, A5, A6, A7, A8, A13, A15, A18, A19, A21, A22, A25	A1, A4, A5, A6, A7, A13, A16, A18, A19, A21, A22, A25	A1, A4, A5, A6, A7, A8, A11, A13, A14, A16, A18, A19, A20, A22, A25

Fonte: Do autor.



Tabela 18 – Classificação das respostas dos alunos quanto às categorias fenomenológicas de Peirce – Atividade 2 (TURMA B).

	Ligação Iônica	Ligação Covalente	Ligação Metálica
<b>Secundidade</b>	B25	B25	B8, B25
<b>Terceiridade</b>	B1, B2, B5, B6, B11, B12, B13, B19,	B4, B5, B6, B10, B11, B12, B15, B19	B4, B5, B6, B11, B16
<b>Sem resposta</b>			B10
<b>Cópia</b>	B3, B4, B7, B8, B9, B10, B14, B15, B16, B17, B18, B20, B21, B22, B23, B24	B1, B2, B3, B7, B8, B9, B13, B14, B16, B17, B18, B20, B21, B22, B23, B24	B1, B2, B3, B7, B9, B12, B13, B14, B15, B17, B18, B19, B20, B21, B22, B23, B24

Fonte: Do autor.

Ao observar as tabelas das primeira e segunda atividade, evidenciou-se que a maioria dos alunos que anteriormente estavam em nível de secundidade e alguns em terceiridade apresentaram cópia na segunda atividade. Muitos fatores podem ter levado a esta opção, podendo destacar-se a insegurança ou dificuldade de compreensão do conteúdo em questão.

#### 4.11.2.1 Segunda atividade: Ligação Iônica

Considerando inicialmente as respostas classificadas na Secundidade, tem-se os exemplos dos alunos A2, A14 e B25.

**A2:** “Os íons representados de verde e roxo são o sal. Representação dos íons é  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ”.

**A14:** “Na foto mostra os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  suas cargas elétricas, os íons são unidos que forma o cloreto de sódio”.

**B25:** “Composto iônico, íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  forma ligação iônica formando  $\text{NaCl}$  -> cloreto de sódio (sal de cozinha)”.

Estas respostas indicam os constituintes químicos da imagem, relacionado aos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . Com a presença do texto esperava-se que as respostas fossem mais elaboradas, porém, o que se observa é que os alunos podem estar interpretando a imagem isolada do texto, o que não os auxilia na formulação de suas respostas. Estes três alunos na primeira atividade também tiveram suas respostas classificadas na Secundidade, o que aponta que o texto não os

influenciou na interpretação da imagem e compreensão do conteúdo em questão. As relações evidenciadas estão em nível de fundamento-objeto, não sendo gerados interpretantes dinâmicos com caráter de lei.

Em relação às respostas classificadas na Terceiridade, dos 17 alunos, 14 alunos estão em nível elementar e 3 em nível intermediário. Quanto ao nível *elementar*, tem-se os seguintes exemplos:

**A3:** *“O sal de cozinha é obtido pelo íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , e eles possuem cargas opostas, essa é uma ligação iônica.  $\text{NaCl}$  é conhecido como sal de cozinha mas pode ser chamado também como cloreto de sódio”.*

**A11:** *“Os íons tem cargas opostas, por isso se atraem, formando o cloreto de sódio, sua ligação é iônica”.*

**A12:** *“É uma representação de um elemento com cargas opostas e que se atraem. É o sal de cozinha e a fórmula é  $\text{NaCl}$  a ligação é iônica”.*

**B6:** *“O Na e o Cl por possuírem cargas opostas se atraem. A ligação que existe entre eles é chamada de ligação iônica. Um elemento precisou doar elétrons a outro para se estabilizar”.*

Destes alunos, A3, A11 e A12 na primeira atividade foram classificados na Secundidade, mostrando uma evolução na segunda atividade. Já o aluno B6 não havia respondido na primeira atividade e nesta foi classificado na Terceiridade num nível elementar. Pela resposta do aluno há indícios de compreensão e isso pode ser justificado pelo uso do texto que auxiliou na interpretação e formulação de sua resposta. Assim, cabe ressaltar que o processo de interpretação da imagem varia de acordo com cada aluno, pois como visto na Secundidade, alguns alunos não evoluíram nas categorias.

No geral, as respostas são relacionadas aos íons apresentarem cargas opostas e se atraírem. O aluno A12 aponta que “é um elemento com cargas opostas” mostrando que há uma falta de conhecimento do conceito relacionado à elemento, que, de acordo com Brown (2005), se refere à um conjunto de átomos com mesmo número atômico, não podendo então estar relacionado à substância  $\text{NaCl}$ , o qual possui dois átomos diferentes. Considera-se que este aluno está em nível de Terceiridade elementar devido à este apresentar grau de interpretação, que é característico desta categoria, conforme discutido anteriormente.

Com base na tríade fundamento-objeto-interpretante, é evidenciado, como na primeira atividade, o fundamento como sendo as cargas opostas o qual representa seu objeto, os íons.

Assim, evidencia-se a formação de um interpretante dinâmico na mente do aluno relacionado ao tipo de ligação química representada. Esse interpretante gerado é característico do processo de semiose do signo, podendo ser considerado um signo de primeiro num processo infinito de interpretação.

Para as respostas classificadas como grau intermediário, tem-se as seguintes respostas:

**A4:** *“Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  é chamada de ligação iônica, essa atração mantém os íons unidos, formando uma substância chamada cloreto de sódio (sal de cozinha). Sempre que um elemento, que necessite doar elétrons para se estabilizar, se unir a outro, que necessite recebe-los, a união se dará por ligação iônica”.*

**A24:** *“Os íons se atraem quando possuem cargas opostas que no caso são o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$  formando o cloreto de sódio. O sódio ( $\text{Na}^+$ ) é o cátion e o cloro ( $\text{Cl}^-$ ) é o ânion. O sódio doa elétron para o cloro fazendo que se estabilize. Ligação iônica é a união desses dois componentes”.*

**A26:** *“Os íons de cloro e de sódio possuem cargas diferentes e por isso se atraem. A atração é uma ligação iônica (ligada por íons) e forma o sal de cozinha”.*

Estas respostas tem em comum utilizarem conceitos referentes à atração de íons de cargas opostas e a doação de elétrons que ocorre de um cátion para um ânion. São respostas um pouco mais elaboradas, porém não se referem em momento algum à organização dos íons nas três dimensões, formando a estrutura cristalina do sal. Os alunos A4 e A26 evoluíram em relação à primeira atividade, da Secundidade para a Terceiridade em nível intermediário. Já o aluno A24 permaneceu na Terceiridade, porém passou de um nível elementar para o intermediário.

As relações fundamento-objeto-interpretante são estabelecidas, sendo que o fundamento evidenciado se relaciona ao tipo de ligação química representada, sendo seu objeto a atração entre cátions e ânions. A relação entre estes gera um interpretante dinâmico que apresenta como característica a estabilidade dos elementos envolvidos na formação da molécula de NaCl.

Nenhuma resposta classificou-se em nível avançado. O aluno classificado em grau avançado na Terceiridade na primeira atividade não teve sua resposta classificada neste nível na segunda atividade. Compreende-se que, ao ter o texto explicativo em mãos, os alunos se prendem a este e suas respostas se caracterizam em explicações básicas, não indo além do que

está escrito. Neste caso, o texto não aborda os aspectos relacionados às propriedades periódicas dos elementos envolvidos, sendo que o aluno se utiliza destes aspectos em sua resposta na primeira atividade, sem o texto. Considera-se que o texto tem papel auxiliador na interpretação da imagem, porém pode fazer com que o aluno não busque informações adicionais, se restringindo ao que está escrito.

#### 4.11.2.2 Segunda atividade: Ligação Covalente

Quanto às respostas para o conteúdo de *Ligação covalente*, uma grande quantidade foi classificada na Terceiridade, o que diferencia também os resultados da primeira atividade. Iniciando pelas classificadas na Secundidade são apresentados alguns exemplos:

**A9:** “Representação dos átomos antes e depois de ligados. Cloro  $\rightarrow$  Cl<sub>2</sub>”.

**A26:** “Ligação covalente, porque compartilham o mesmo número de elétrons”.

**B25:** “Átomos de cloro, compartilhando moléculas, formando ligação covalente simples”.

Estas respostas têm como característica comum a relação fundamento-objeto, onde verifica-se a compreensão de que a figura representa uma ligação covalente pelo compartilhamento de elétrons representado. A resposta do aluno A9 caracteriza-se como elementar devido apenas à identificação de átomos antes e depois de ligados, porém ao fazer a relação “Cloro  $\rightarrow$  Cl<sub>2</sub>”, há indícios de uma não diferenciação entre um átomo e uma molécula. O aluno B25, por exemplo, afirma que existe o compartilhamento de moléculas entre os átomos de cloro, evidenciando também a não compreensão entre elétrons, átomos ou moléculas. Nesse sentido, pode-se dizer que estas respostas são vagas, caracterizam-se como mal formuladas sem indícios de um grau de interpretação previsto na Terceiridade.

Para as respostas classificadas na Terceiridade, tem-se que 17 são elementares e 3 estão no nível intermediário, não havendo respostas para o nível avançado. Para as respostas classificadas como *elementar*, tem-se os seguintes exemplos:

**A27:** “Ligação covalente – Cada átomo separado possui 7 elétrons na camada, quando se ligam compartilham dois elétrons”.

**A28:** “São átomos de cloro ligados através de uma ligação covalente simples, onde os átomos de cloro compartilham elétrons do ultima camada”.

**B4:** “Mostra uma ligação covalente simples entre dois átomos de cloro ( $\text{Cl}_2$ ) que compartilham entre si dois elétrons para completar a camada de valência”.

**B6:** “Ocorreu uma ligação covalente entre os cloros pois cada um continha 7 elétrons e compartilhando um com o outro passaram a ter 8 elétrons cada”.

A partir destes exemplos, pode-se verificar que as respostas são mais elaboradas que as classificadas na Secundidade, mostrando a compreensão do compartilhamento de elétrons necessário para estabelecer a ligação entre os átomos de cloro. Há relação fundamento-objeto-interpretante, sendo evidenciado como fundamento a ligação química presente, a qual é representada pelo objeto elétrons na camada de valência. O interpretante dinâmico gerado está relacionado ao compartilhamento de elétrons necessário para que os elementos fiquem estáveis.

Considerando as respostas classificadas no nível *intermediário*, tem-se os seguintes exemplos:

**A12:** “É uma ligação covalente simples porque existe compartilhamento de um par de elétrons originários dos átomos ligados. Cloro representado por Cl”.

**A24:** “A segunda figura é representada por ligação covalente, na ligação covalente os elétrons ficam na camada de valência, tornando-se mais forte. Cada átomo possui em sua camada de valência  $7e^-$ . Ligação covalente é o compartilhamento de um par de  $e^-$  originando dois átomos”.

Existe uma certa diferença nas duas respostas acima relacionadas ao grau de elaboração da resposta. O aluno A12, por exemplo, traz uma resposta mais generalizada, evidenciando o compartilhamento de elétrons para formar a molécula. Já o aluno A24 traz uma resposta com um maior grau de interpretação, identificando que os elétrons compartilhados são da camada de valência do átomo em questão, porém não se entende o que o aluno entende por “mais forte”.

No final de sua resposta o aluno conclui que a ligação covalente é o compartilhamento de um par de elétrons que origina ‘dois átomos’. Há nesse momento indícios de que o aluno não compreende o conceito relacionado à formação de uma molécula, porém, mesmo

apresentando equívocos conceituais, o caráter interpretativo da resposta do aluno o coloca em um nível intermediário no plano semiótico.

Há relações fundamento-objeto-interpretante evidenciadas características das respostas elementares, em que o interpretante gerado apresenta o compartilhamento de elétrons da camada de valência na formação da molécula de cloro. O que as coloca em nível intermediário está relacionado ao grau interpretativo evidenciado, sendo semioticamente mais elaboradas.

#### 4.11.2.3 Segunda atividade: Ligação Metálica

Para as respostas quanto ao conteúdo de **Ligação metálica**, observou-se que este foi o conteúdo em que se apresentaram mais cópias dos textos que acompanham a imagem (60,4% do total de respostas para o conteúdo em questão).

Em relação às respostas que foram classificadas na Secundidade, são apresentados alguns exemplos:

*A10: “Elétrons soltos com livres movimentação por todo o metal. Íons  $Ag^+$  fixos”.*

*A12: “É um mar de elétrons, condutores de eletricidade”.*

*A15: “Mostra a condutividade elétrica entre metais”.*

*B8: “Está mostrando a condutividade elétrica dos metais”.*

Nestas respostas observa-se a relação da imagem-texto-etiqueta presentes, ou seja, há reprodução de partes de texto e partes de etiqueta para a elaboração das respostas. A relação apresentada pelos alunos A12, A15 e B8 no que se refere à condutividade elétrica dos metais, está relacionada no texto e não é possível verificar isso na imagem desvinculada ao texto. Isso é observado, pois, ao comparar esta atividade com a primeira, evidencia-se que não há respostas relacionadas à condução de eletricidade dos metais. Sendo assim, verifica-se que o texto auxiliou os alunos na compreensão deste aspecto proporcionado pela ligação metálica.

Em relação as respostas classificadas na Terceiridade, tem-se que os 11 alunos foram classificados em nível elementar. Apresentam-se alguns exemplos:

*A24: “Como vemos na imagem a prata é boa condutora elétrica possuindo elétrons livres. Ligação metálica é quando os íons de algum metal fica exposto à vários elétrons isso faz haver uma melhor condutividade elétrica”.*

*B16: “É uma ligação metálica e nelas os átomos metálicos se mantêm organizados e os elétrons ficam livres. Como os elétrons ficam soltos e com pouca atração entre eles e o átomo é um bom condutor”.*

As respostas acima indicam que há compreensão em relação ao movimento dos elétrons, proporcionando ao metal condutibilidade elétrica. Há características de interpretação na elaboração das respostas, porém observa-se, por exemplo, na resposta do aluno A24 a expressão “metal fica exposto à vários elétrons”. Esse tipo de resposta, mesmo classificada na Terceiridade, apresenta equívocos conceituais.

Há falta de compreensão de que os elétrons em movimento são os elétrons da camada de valência dos íons em questão. Nas respostas em que estes erros não são aparentes também não são apresentados indícios da compreensão de que estes elétrons são provindos da camada de valência. Nesse sentido, considera-se que estas são respostas elementares, onde apresentam características de interpretação, que é previsto na Terceiridade.

As relações entre fundamento-objeto-interpretante são estabelecidas, em que a ligação metálica é evidenciada como fundamento, sendo o objeto a movimentação dos elétrons entre os íons positivos. O interpretante dinâmico gerado apresenta como característica a condutibilidade elétrica proporcionada por este tipo de ligação química.

Nota-se, porém, na resposta do aluno B16, a relação ‘átomo é um bom condutor’. Considera-se com esta fala que há reprodução de partes do texto sem se atentar para a elaboração da resposta. A resposta deste aluno indica que a ligação metálica ocorre entre átomos metálicos, não apresentando a compreensão de que esta é formada pelos íons dos átomos em questão. Indica também que existe pouca atração entre eles, evidenciando que não houve compreensão do texto que acompanha a imagem. É preciso compreender que os elétrons são atraídos fortemente pelos íons metálicos, o que os faz movimentar entre estes íons, possibilitando assim boa condutibilidade elétrica.

Nesta atividade nenhuma resposta foi classificada em nível avançado. É preciso compreender neste momento que estas classificações são dependentes das amostras de respostas analisadas. Em outra turma, por exemplo, as classificações poderiam apresentar diferenças, pois cada aluno interpreta um signo de maneira individual, sendo gerados

interpretantes dinâmicos diferentes em cada intérprete. Isso é característico do processo de semiose do signo (SANTAELLA, 2005).



## 5 PROPOSTA DE IMAGEM PARA O ENSINO MÉDIO

Considerando os aspectos abordados neste trabalho, em relação às propriedades de uma imagem para o ensino, este capítulo apresentará uma proposta para elaboração de uma imagem que represente os aspectos relevantes discutidos ao longo do texto.

No capítulo 4 (seção 4.3.1) discutiu-se, a partir da Figura 4 (p.47), a imagem relacionada aos conceitos de solubilidade e polaridade. Esta imagem representava três provetas contendo misturas de água e tetracloreto de carbono, substâncias que não se misturam, formando duas fases (água na fase superior e tetracloreto de carbono na inferior). Em uma destas provetas foi adicionado sulfato de cobre e em outra, a substância bromo. Estas duas substâncias interagem com mais facilidade com a água e com o tetracloreto de carbono, respectivamente.

Considerando que a imagem apresentada no livro didático considera os aspectos macroscópicos do conhecimento químico e sabendo da importância da representação submicroscópica para compreensão do conteúdo relacionado, evidenciou-se a necessidade de que esta imagem representasse não somente os aspectos macroscópicos, mas contemplasse os aspectos submicroscópicos em sua constituição.

Para isso, o experimento foi reproduzido em laboratório e fotografada (FIGURA 25).

Figura 25 – Imagem representando o experimento para solubilidade e polaridade



Fonte: Do autor.

Nas três provetas adicionou-se tetracloreto de carbono e água, substâncias que não se misturam, formando duas fases. A água, por ser menos densa, ocupou a parte superior da proveta enquanto o tetracloreto de carbono ocupou a fase inferior. A primeira proveta da Figura 25 apresenta estas duas substâncias, não sendo facilmente identificada a formação das fases. Surge, então, a necessidade do aspecto submicroscópico estar representado.

Na proveta do centro foi adicionou-se sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_{4(s)}$ ), o qual se dissolveu na água, concentrando a cor azulada apenas na parte superior. É possível notar que na parte inferior há um cristal do sulfato de cobre que estacionou na fase inferior, porém não há dissolução deste no tetracloreto de carbono, verificando que a substância permanece no estado sólido.

Na proveta da direita adicionou-se iodo ressublimado, o qual foi dissolvido anteriormente em tetracloreto de carbono, substituindo o uso da substância bromo (utilizada no experimento relatado no livro didático) devido a dificuldade de encontrar a substância e também ao seu caráter tóxico quando no estado líquido, sendo seus vapores irritantes aos olhos e garganta. O iodo se dissolve preferencialmente no tetracloreto de carbono, sendo então evidenciada a coloração alaranjada na parte inferior da proveta.

A preferência destas substâncias em se dissolverem em água ou tetracloreto de carbono está relacionada ao caráter polar destas, tendo interações mais fortes ou mais fracas umas com as outras. Neste caso, tem-se que a água possui um caráter fortemente polar, devido à formação de um dipolo elétrico, o qual tem maior interação com o sulfato de cobre devido este também possuir um dipolo elétrico. A interação entre estas duas substâncias ocorre por meio de forças intermoleculares, chamadas dipolo-dipolo (BROWN, 2005).

O tetracloreto de carbono é uma substância que não apresenta formação de dipolo elétrico porque sua geometria tetraédrica simétrica não permite a formação de qualquer momento dipolar. Neste caso, o iodo preferencialmente se dissolverá no tetracloreto de carbono. Considerando o raio atômico do iodo, sabe-se que este possui grande número de elétrons, o que torna a molécula de  $\text{I}_2$  (caráter apolar) polarizável.

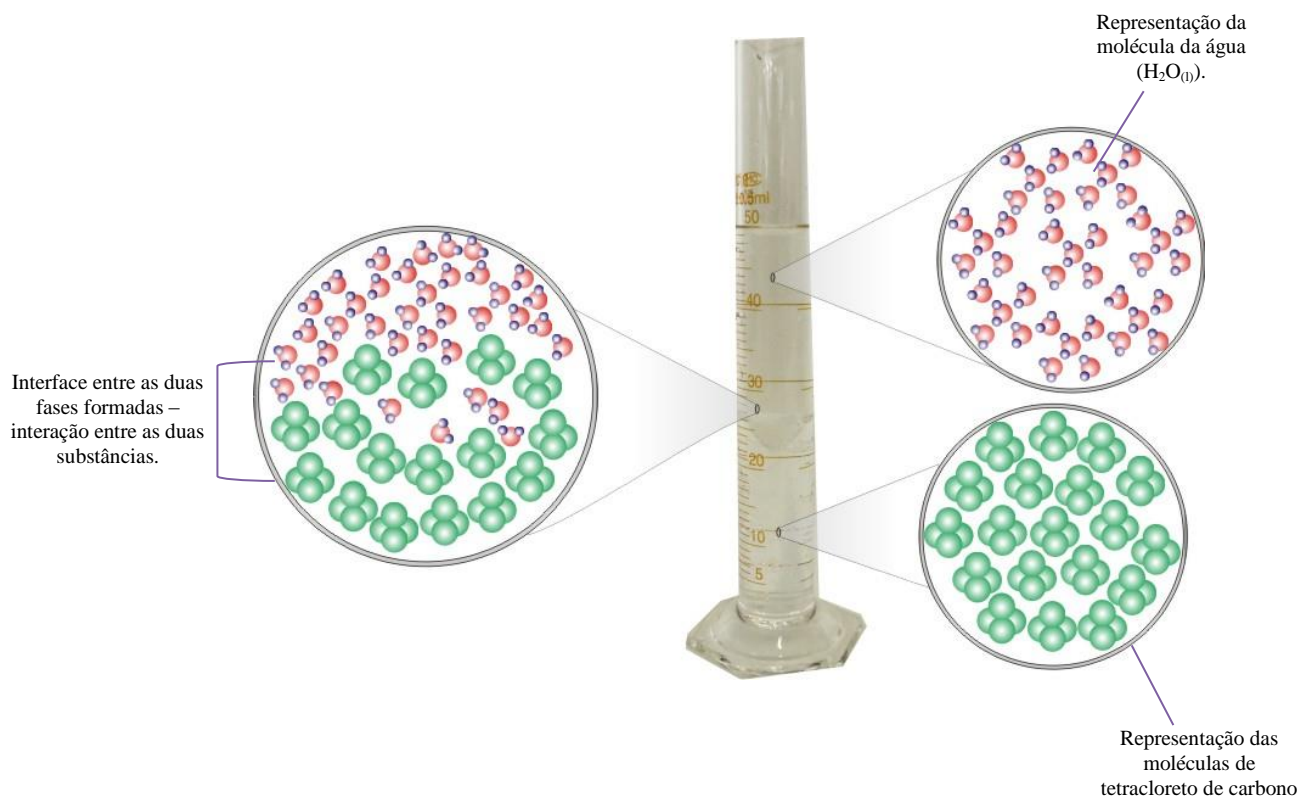
A molécula de  $\text{I}_2$  pode interagir com a água devido as forças do tipo dipolo-dipolo induzido, já quando se trata da interação com o tetracloreto de carbono, a interação se dá por forças de London. No caso da mistura entre estas três substâncias, o  $\text{I}_2$  é preferencialmente mais solúvel em  $\text{CCl}_4$  do que em água. Há uma pequena dissolução do  $\text{I}_2$  em água, conferindo-lhe uma pequena coloração alaranjada, porém a dissolução é maior no solvente  $\text{CCl}_4$ , gerando uma forte coloração alaranjada nesta fase.

Abaixo, têm-se as propostas de imagens, as quais foram elaboradas a partir do software Corel Draw, considerando em sua elaboração os aspectos dimensionais macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos do conhecimento químico.

### 5.1 PRIMEIRA PROVETA: ÁGUA E TETRACLORETO DE CARBONO

Representa-se na primeira proveta da Figura 25 a interação entre água e tetracloreto de carbono, a qual está representada na figura abaixo (FIGURA 26). Nesta figura há uma representação submicroscópica das moléculas envolvidas em que estas duas substâncias, por não se misturarem, formam uma interface, sendo representada na figura a interação das substâncias. Para elaboração das representações de  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  e do  $\text{CCl}_{4(l)}$  foi considerada a proporção de raios atômicos.

Figura 26 – Representação da interação entre as substâncias água e tetracloreto de carbono.

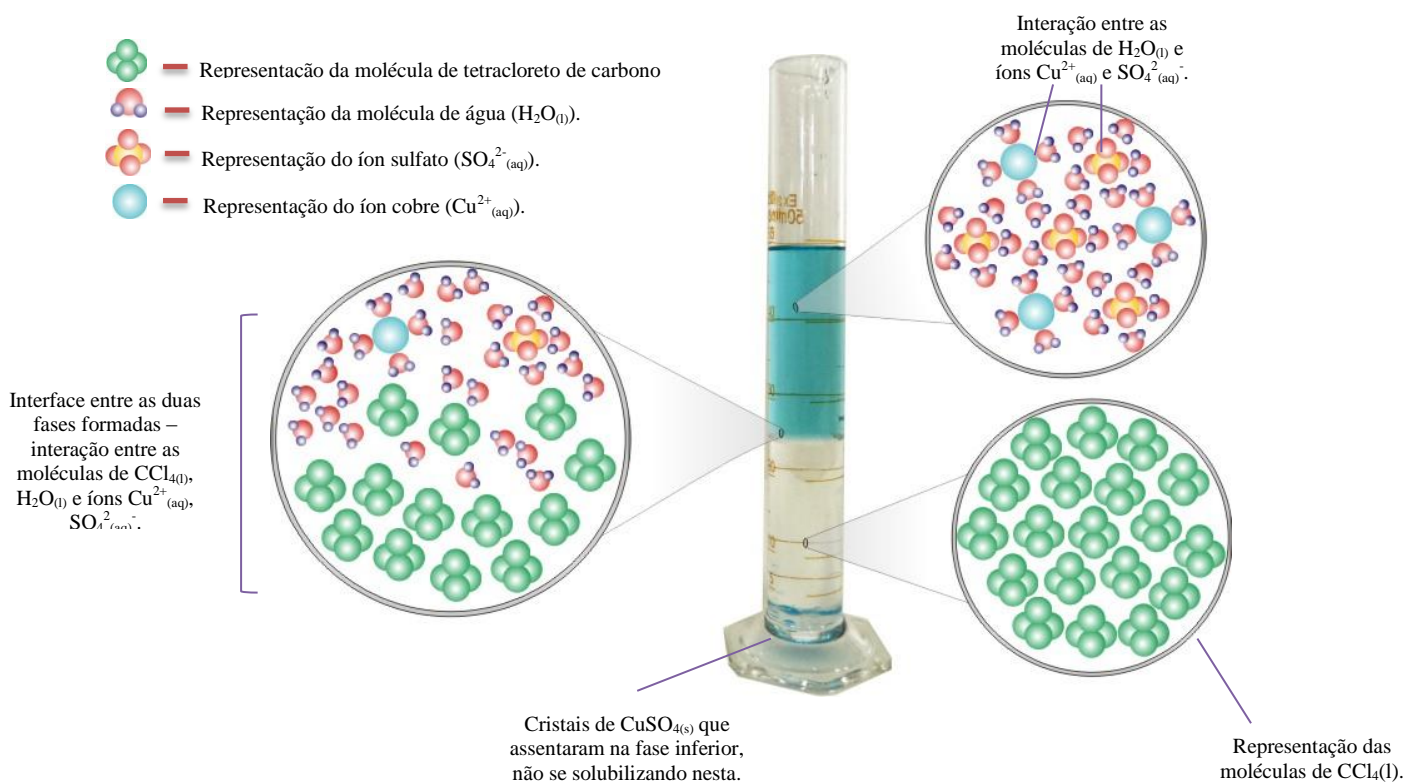


Fonte: Do autor.

## 5.2 SEGUNDA PROVETA: ÁGUA E TETRACLORETO DE CARBONO COM ADIÇÃO DE SULFATO DE COBRE

A segunda proveta da Figura 25 representa a interação entre  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  e  $\text{CCl}_{4(l)}$ , em que é adicionada a substância sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_{4(s)}$ ). Abaixo, na figura elaborada (FIGURA 27), as interações entre estas substâncias são representadas submicroscopicamente, sendo apresentadas legendas e etiquetas (relacionais e nominais), as quais auxiliam na compreensão e interpretação do que está representado.

Figura 27 – Representação da interação entre as substâncias água, tetracloreto de carbono e sulfato de cobre.



Fonte: Do autor.

A substância  $\text{CuSO}_{4(s)}$  quando em água se dissocia, formando os íons  $\text{Cu}^{2+}{}_{(aq)}$  e  $\text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)}$ , os quais preferencialmente se solubilizam na água (fase superior) devido às fortes interações entre estas, chamadas de forças intermoleculares do tipo dipolo-dipolo.

Na figura são representadas as interações entre a água e os íons  $\text{Cu}^{2+}{}_{(aq)}$  e  $\text{SO}_4^{2-}{}_{(aq)}$ , sendo possível observar a orientação da molécula da água ao interagir com estes íons. Como a

molécula de água apresenta dipolos elétricos, sabe-se que o oxigênio constitui o polo negativo da molécula e o hidrogênio constitui o polo positivo. Assim, o polo negativo interage com os cátions enquanto a parte positiva volta-se para os ânions.

As interações presentes na interface formada entre água e tetracloreto de carbono também são representadas na figura, de modo que é possível observar a interação entre água e tetracloreto de carbono, sendo que somente a água interage com os íons  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$  e  $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ .

Observa-se, na parte inferior da proveta, cristais de  $\text{CuSO}_{4(\text{s})}$  que, ao serem adicionados na proveta, se assentaram no fundo desta, porém não se solubilizaram em  $\text{CCl}_{4(\text{l})}$  devido as diferentes polaridades das substâncias envolvidas. Como o  $\text{CuSO}_{4(\text{s})}$  possui dipolo elétrico, sua tendência é solubilizar em substâncias com esta mesma propriedade, como a água.

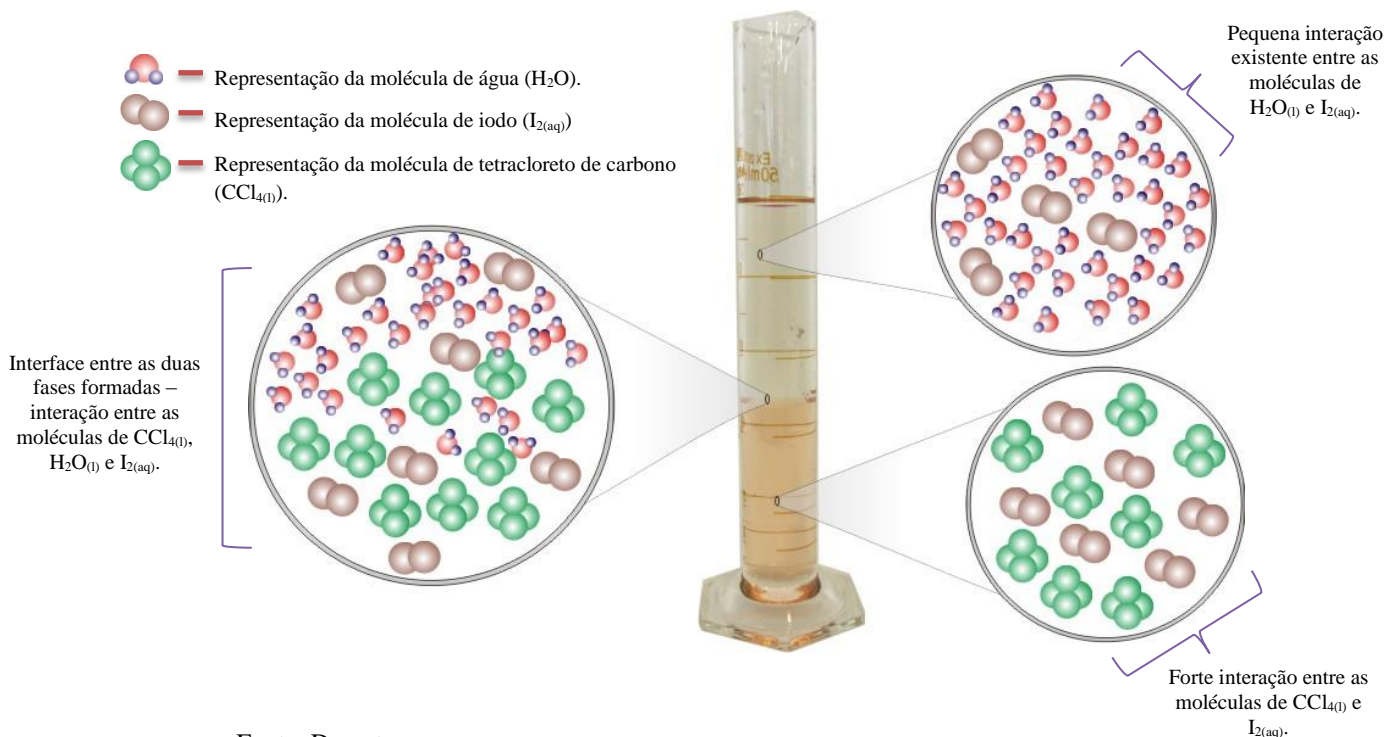
### 5.3 TERCEIRA PROVETA: ÁGUA E TETRACLORETO DE CARBONO COM ADIÇÃO DE IODO

Na terceira proveta da Figura 25 é representada a interação entre  $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ ,  $\text{CCl}_{4(\text{l})}$  e  $\text{I}_{2(\text{s})}$ , sendo que a figura elaborada (FIGURA 28) representa a dimensão submicroscópica das interações entre estas substâncias. Pode-se observar que a parte inferior adquire uma forte coloração alaranjada e a parte superior uma fraca coloração alaranjada.

Considerando que a molécula de tetracloreto de carbono não apresenta formação de dipolo devido a sua simétrica geometria tetraédrica, o iodo (substância com caráter polar) se dissolverá preferencialmente nessa fase. Porém, como o iodo se torna polarizável, como abordado anteriormente, esta pode interagir também com a água, a partir de forças dipolo-dipolo induzido. Essa interação é mais fraca do que com o tetracloreto de carbono, substância com a qual interage a partir de forças de London. Sendo assim, é representada na figura a existência de moléculas de  $\text{I}_{2(\text{aq})}$  tanto na fase superior quanto na inferior, considerando a menor e maior concentração nestas fases, respectivamente.

A orientação das moléculas de  $\text{CCl}_{4(\text{l})}$  permanece da mesma forma como representado na Figura 27, observando que a interação com a molécula de  $\text{I}_{2(\text{aq})}$  não faz com que esta mude seu eixo. Isso ocorre devido às forças de atração entre as moléculas de  $\text{CCl}_{4(\text{l})}$ , as quais se orientam favoravelmente da mesma maneira.

Figura 28 – Representação da interação entre as substâncias água, tetracloreto de carbono iodo.



Estas figuras contemplam em sua constituição legendas e etiquetas, como abordado anteriormente, as quais facilitam a interpretação e compreensão da representação em si. Considerando também os aspectos submicroscópicos representados, pode-se dizer que a imagem auxilia o aluno a compreender como ocorrem as interações entre as substâncias adicionadas, diminuindo o nível de abstração que é necessário alcançar para interpretar a representação.

A explicação dos fenômenos observados apenas por meio da Figura 25 (p.127) não proporciona a compreensão do que ocorre em cada fase formada nas provetas e também pode gerar no aluno uma concepção errônea de que as substâncias adicionadas, ao entrar em contato com as que estão nas provetas, reagem com estas formando novas substâncias, por exemplo. Ao representar o aspecto submicroscópico, é possível compreender que o que ocorre é uma solubilização das substâncias adicionadas, evidenciando as interações que ocorrem entre estas.

Assim, evidencia-se nestas figuras as relações propostas por Johnstone (1982), em que são abordados os três aspectos do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico. Portanto, cabe destacar a importância do professor no processo de leitura e

interpretação desta imagem, visto que esta mediação pode facilitar o processo de compreensão do conteúdo representado.

Considerando a relação triádica do signo (fundamento-objeto-interpretante) (SANTAELLA, 2005), estas imagens tendem a direcionar o aluno à formação de um interpretante dinâmico com caráter de lei. Ao formar este tipo de interpretante, atinge-se a Terceiridade, onde há compreensão do conteúdo de forma generalizada.

Sabendo que a teoria peirceana está baseada em tríades, porque o pensamento para este teórico se organiza desta forma, (PEIRCE, 2010), é possível relacionar estas tríades ao pensamento de Johnstone (1982). Em relação ao objeto (constituente da tríade fundamento-objeto-interpretante), considera-se que para Peirce (2010) este pode ser do tipo icônico, indicial ou simbólico. Quando este for simbólico, por exemplo, se relacionará ao aspecto simbólico definido por Johnstone, e, se for icônico, será relacionado ao aspecto submicroscópico para Johnstone (GOIS e GIORDAN, 2007).

Assim, estas possíveis relações apresentadas por estes autores possibilitam a compreensão de que a relação entre os vértices do triângulo de Johnstone e a relação triádica de Peirce são importantes para a compreensão do conhecimento químico.

## 6 CONCLUSÃO

Considerando que as imagens são importantes instrumentos que podem auxiliar a compreensão de muitos conceitos químicos, destaca-se que estas podem apresentar em sua estrutura elementos que favorecem a aprendizagem de conceitos muitas vezes abstratos.

A partir do objeto de análise deste trabalho, encontrou-se que as imagens em maior quantidade nos livros didáticos são do tipo figura (55%), seguidas pelas fotografias (29%), tabelas (15%) e gráficos (1%)

As imagens podem representar as dimensões do conhecimento químico, sendo elas: macroscópico, submicroscópico, simbólico e as correlações entre estas dimensões, as quais podem favorecer a compreensão dos conteúdos químicos. Sendo assim, as imagens foram categorizadas quanto aos aspectos dimensionais representados, levando em consideração a categorização realizada por dois pesquisadores (árbitros), onde suas categorizações foram analisadas por meio de um método estatístico para saber o grau de concordância entre eles.

A maioria das imagens representa os aspectos macroscópico e submicrosimbólico. As que possuem aspecto macroscópico são em sua maioria do tipo fotografia e as que representam o aspecto submicrosimbólico são em sua maioria do tipo figura. No geral, pode-se dizer que as imagens macroscópicas representam apenas aspectos perceptíveis dos fenômenos químicos, onde os aspectos relacionados à natureza atômica-molecular podem ter sua compreensão comprometida. Verifica-se ainda que, as imagens que explicam os conceitos fundamentais deste conteúdo apresentam-se na dimensão submicroscópica, o que evidencia o quão abstrato é este conteúdo, necessitando de recursos visuais para uma melhor compreensão destes.

Em relação aos constituintes das imagens, estas foram categorizadas quanto à presença de legendas e etiquetas e suas propriedades. As imagens que possuem legendas apresentaram em maior quantidade legendas explicativas e descritivas. Porém, o maior número encontrado está nas imagens que não apresentam legendas, representando 39% do total. Em relação às etiquetas presentes nas imagens, tem-se que 27,5% apresentam etiquetas do tipo nominativa, 28,3% do tipo relacional e 44,2% não apresentam nenhuma etiqueta.

É muito importante também que as imagens tenham alto grau de relação com o texto que as acompanham. Todos os livros apresentaram muitas imagens relacionadas diretamente ao texto, o que pode proporcionar uma melhor compreensão dos conteúdos as quais estão relacionadas. A relação direta com o texto também não indica que esta tem um alto potencial



em auxiliar a compreensão do texto, pois é preciso que esta imagem esteja conceitualmente adequada e apresente elementos que possibilitem uma melhor interpretação do que está sendo representado, como por exemplo, etiquetas e legenda.

No que se refere ao estudo semiótico, tentou-se prever a partir das categorias propostas por Peirce, como o aluno pode interpretar a imagem e identificar em qual nível destas categorias este pode se encontrar. Assim, buscou-se nas imagens quais características são próprias da Primeiridade, Secundidade e Terceiridade, tentando evidenciar quais requisitos são necessários para o aluno avançar nestas categorias.

Considerando este tipo de análise, evidencia-se também a importância do aluno ter um bom inventário químico, o qual está relacionado aos conhecimentos anteriores que este possui e poderão ser utilizados para interpretar o que a imagem representa, compreendendo o novo conhecimento. Sem este inventário o aluno não passará da Primeiridade, ou no máximo, atingirá a Secundidade, o que não indica que este compreendeu o que está sendo representado.

Considera-se, portanto, a imagem como instrumento importante no processo de ensino e aprendizagem, as quais tem o poder de diminuir a abstração que aluno precisa alcançar para compreender diversos conceitos. Cabe ressaltar a importância do professor no processo de interpretação das imagens, pois este pode auxiliar o aluno a compreender o que está representado, fazendo as possíveis conexões com conteúdos anteriores, para que assim, esta possa favorecer a compreensão do conteúdo químico relacionado.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W.; SILVA DA, K. A. P.; VERTUAN, R. E. Sobre a categorização dos signos na Semiótica Peirceana em atividades de Modelagem Matemática. **Revista Eletrônica de Investigación em Educación em Ciencias**, v. 6, n. 1, p.1-10, 2011

ANDRÉ, M. E. D. A. **Etnografia da prática escolar**. Campinas: Papiros, 1995. 130 p.

ATKINS, P; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ATKINS, P; SHRIVER, D. F. **Química Inorgânica**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BERGQVIST, A.; DRECHSLER, M.; JONG, O.; RUNDGREN, S. C. Representations of chemical bonding models in school textbooks – help or hindrance for understanding? *Chemistry Education Research and Practice*, n. 14, p. 489-606, 2013.

BRASIL. Ministério da educação e do Desporto. *Química: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2008*. Brasília: MEC/SEF, 2007.

BROWN, T. L., LEMAY, H. E. **Química - a ciência central**, Ed. Pearson Prentice Hall, 9 ed., 2005.

CELLARD, A. A análise documental. In: **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. 3 ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2012. (Vários autores).

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

DUARTE, H.A. Ligações químicas: Ligação iônica, covalente e metálica. **Química nova na escola**, n. 4, 2001.

ECHEVERRÍA, A. R.; MELLO, I. C.; GAUCHE, R. Livro didático: Análise e utilização no Ensino de Química. In: MALDANER, O. A.; SANTOS DOS, W. L. P. (orgs.) **Ensino de Química em Foco**. Unijuí, p. 263-286, 2011.

FANARO, M. A.; OTERO, M. R., GRECA, I. M. Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 4, n. 2, 2005.

FERNANDEZ, C., MARCONDES, M. E. R. Concepção dos Estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, n. 24, 2006.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**, tradução Joice Elias Costa, 3 ed., Porto Alegre: Artmed, p.130, 2009.

FONSECA, M. R. M. **Química: Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia**, Ed. FTD, v. 2, 2010.

FREITAS, D. S. **Imagens visuais nos livros didáticos de biologia do ensino médio: o caso do DNA**. Campinas, 2002. Tese de doutorado. Faculdade de educação, Universidade estadual de Campinas.

GARCIA, J. J. G.; PALACIOS, F. J. P. Como usan los profesores de Química las representaciones semióticas? **Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, 2006.

GIBIN, G. B.; FERREIRA, L. H. Avaliação dos Estudantes sobre o Uso de Imagens como Recurso Auxiliar no Ensino de Conceitos Químicos. **Química nova na escola**, v. 35, n. 1, p. 19-26, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed., São Paulo: Atlas, 2008.

GKITZIA, V., SALTA, K., TZOUGRAKI, C. Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. **Chemistry Education Research and Practice**, v.12, p. 5–14, 2010.

GOIS, J., GIORDAN, M. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Peirce para compreender a representação. **Química Nova na Escola**, n. 7, 2007.

GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa versus Pesquisa Quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological? **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v.1, n.1, p. 9-15, 2000.

JOHNSTONE, H. A.; SELEPENG, D. A language problem revisited. **Chemistry Education: Research and Practice In Europe**, v. 2, n. 1, p. 19-29, 2001.

JOHNSTONE, H. A. Macro and Microchemistry. *The School Science Reviv*, 1982.

JOLY, M. **Introdução à análise da imagem**, 12 ed. Campinas, Papirus, 2008.

KIILL, K. B. Caracterização de imagens em livros didáticos e suas contribuições para o processo de significação do conceito de equilíbrio químico. São Carlos, 2009. Tese – Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos.

LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa**, 5 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

LEMES, A. F. G., SOUZA DE, K. A. F. D., CARDOSO, A. A. Representações para o processo de dissolução em livros didáticos de Química: o Caso do PNLEM. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, 2010.

LEITES, M. L.; BENARROCH, B, A. PALACIOS, F. R. P. Las imagenes sobre enlace químico usadas em los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. **Enseñanza de Las Ciências**, v. 26, n. 2, p. 149-172, 2008.

LISBOA, J.C.F., AVILA, S.G., YDI, S.J. **Ser Protagonista**. Editora SM, v.2, 2012, 432 p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 5 ed., São Paulo: Atlas, 2002.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n4/a21v57n4.pdf>> Acesso em: abril de 2012.

MÓL, G. S.; SANTOS, W. L. P. **Química Cidadã**. Editora Nova Geração, v. 2, 2010.

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos e referenciais teóricos à luz do Vê epistemológico de Gowin**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1990. 94 p.

MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário. **Em aberto**, Brasília, ano 7, n. 40, 1988.

MORTIMER, E. F., DUARTE, L. P., MOL, G. Regra do octeto e a teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência? **Química Nova**, n. 17, v. 2, 1994.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. e ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 32, n. 2, p. 273-283, 2000.

MORTIMER, E. F.; SANTOS, W. L. P. Políticas e práticas de livros didáticos de química: o processo de constituição da inovação X redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. In: ROSA, M. I. P.; ROSSI, A. V. (orgs.) **Educação Química no Brasil**: memórias, políticas e tendências. Campinas: Átomos, 2008, p. 85-103.

MORTIMER, E. F., MACHADO, A. H. **Química**. Editora Scipione, v. 2, 2011.

OTERO, M. R., MOREIRA, M. A., GRECA, I. M. El uso de imágenes en textos de física para la enseñanza secundaria y universitaria. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n 2, p. 127–154, 2002.

OTERO, M. R.; GRECA, I. M.; SILVEIRA DA, F.L. Imágenes visuales em el aula y rendimiento escolar em Física: Um estudio comparativo. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 1, p.1-30, 2003.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. 4 ed. São Paulo, Perspectiva, 2008.

PERALES, F. J., JIMÉNEZ, J. D. Las Ilustraciones En La Enseñanza-Aprendizaje De Las Ciencias. Análisis De Libros De Texto. **Enseñanza De Las Ciencias**, V. 20 (3), p. 369-386, 2002.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do Cotidiano**. Editora Moderna, v. 2, 2011.

SANTAELLA, L. A Teoria Geral dos Signos: Como as linguagens significam as coisas. Ed. Cengage Learning, 2008a.

\_\_\_\_\_. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Cengage Learning, 2008b.

\_\_\_\_\_. **Matrizes da linguagem e pensamento: sonora : visual verbal : aplicações na hipermídia**. 3. ed. São Paulo: Iluminuras: FAPESP, 2005.

\_\_\_\_\_. **O que é a Semiótica**. Coleção Pequenos Passos: 103, Editora Brasiliense, 1983.

SEBATA, C. E. ; SANDOS DOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. As imagens em textos didáticos de temas sociais em um livro didático de química: análise de seu papel pedagógico. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências / Atas do V Enpec**, n. 5, 2005.

SILVA, H. C. et al. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 2, p. 219-233, 2006.

SILVA, J. C., MOTA, J. M. V., WARTHA, E. J. Inscrições químicas em livros didáticos de química: uma análise semiótica das representações sobre fases da matéria. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**. v. 2, n.1, p.69-80, 2011.

SOUZA, K. A. F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX**. 2012. 189p. Tese – Programa de Pós-Graduação em Química. Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

STRAUSS, A., CORBIN, J. Pesquisa Qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada; tradução Luciene de Oliveira da Rocha – 2 ed, Porto Alegre: Artmed, 2008. p.47.

TABER, K. S. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and psychology of learning to inform chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, 2013.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education** v. 33, n. 2, 2011, p. 179–195.

TOMA, H. E. Ligação Química: Abordagem Clássica ou Quântica? **Química Nova na escola**, v. 6, 1997.

TOMA, H.E. Estrutura atômica, ligações e estereoquímica. São Paulo: Blucher, 2013.

TRINDADE, J. O. Ensino e aprendizagem significativa do conceito de ligação química por meio de mapas conceituais - São Carlos: UFSCar, 2011. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de São Carlos.

WU, KSIN-KAI; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.

## ANEXOS

## ANEXO A – Parecer do CEP para execução do projeto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS

## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** ANÁLISE SEMIÓTICA DAS REPRESENTAÇÕES SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS NOS LIVROS DIDÁTICOS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O PROCESSO DE APRENDIZAGEM

**Pesquisador:** Márcia Regina Cordeiro

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 12110213.1.0000.5142

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 389.870

**Data da Relatoria:** 05/09/2013

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um estudo de investigação sobre a utilização do livro didático como em sala de aula como ferramenta para o ensino. Para tanto, serão avaliados a sequência de textos, imagens, exercícios e atividades propostas no ensino de Química para melhor compreensão dos conceitos. A pesquisa parte da premissa de que a utilização apropriada de imagens constitui uma parte significativa do conhecimento químico, e fundamenta-se na perspectiva da semiótica, proposta por Peirce, como a teoria geral dos signos.

**Objetivo da Pesquisa:**

Analisar a contribuição das imagens presentes nos livros didáticos para a aprendizagem, a luz da teoria da Semiótica.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O estudo classifica-se como de riscos mínimos, tendo em vista que os pesquisadores pretendem coletar seus dados por meio de questionários. Já os benefícios do estudo aos alunos, indica o auxílio no processo de interpretação da imagem a partir de seus elementos constituintes, podendo então compreender o que está sendo representado. Para o professor do ensino médio, este trabalho auxiliará este a utilizar em suas práticas as imagens

**Endereço:** Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700  
**Bairro:** centro **CEP:** 37.130-000  
**UF:** MG **Município:** ALFENAS  
**Telefone:** (35)3299-1318 **Fax:** (35)3299-1318 **E-mail:** comite.etica@unifal-mg.edu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
ALFENAS



Continuação do Parecer: 389.870

presentes nos livros didáticos de maneira que estas auxiliem no processo de aprendizagem dos conteúdos químicos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Sugere atenção aos critérios de seleção da amostra. São indicados como participantes da pesquisa alunos de uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Alfenas-MG. Logo o critério de exclusão deve ser referenciado a esta seleção de participantes, ou seja, indicar que as demais turmas não serão contempladas não fundamenta o critério de exclusão, pois em a princípio esta população já esta excluída da pesquisa.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O termo de consentimento livre e esclarecido contempla adequadamente todos os aspectos éticos e metodológicos do estudo.

**Recomendações:**

Revisão aos critérios de exclusão de participantes, tendo em vista que os critérios de exclusão tem como base a população incluída.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O projeto contempla adequadamente a consideração dos aspectos éticas em pesquisa com seres humanos.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

ALFENAS, 10 de Setembro de 2013

---

**Assinador por:**  
**Maria Betânia Tinti de Andrade**  
**(Coordenador)**

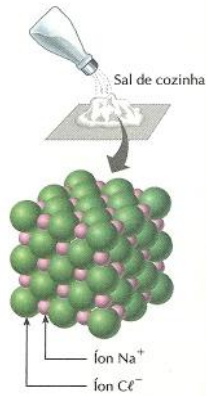
Endereço: Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700  
Bairro: centro CEP: 37.130-000  
UF: MG Município: ALFENAS  
Telefone: (35)3299-1318 Fax: (35)3299-1318 E-mail: com.te.etica@unifal-mg.edu.br

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – Questionários utilizados para realização das atividades 1 e 2.

### Atividade 1

Observe as imagens abaixo e descreva o que você interpreta em cada uma delas.



▲ Representação esquemática do retículo cristalino iônico do cloreto de sódio. Os íons estão representados, sem escala, por esferas, em cores fantasiosas.

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

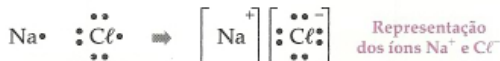
---

## Atividade 2

Observe as imagens abaixo, leia seus respectivos textos e descreva o que você interpreta em cada uma delas.

1.

Representação dos átomos isolados

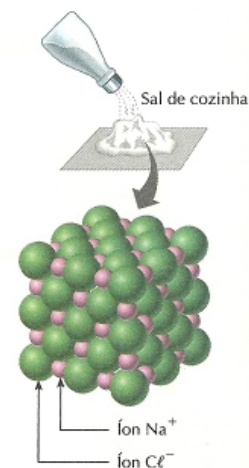


Representação dos íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$

Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  possuem cargas elétricas opostas; portanto se atraem mutuamente. Essa atração mantém os íons unidos, formando uma substância muito conhecida, o cloreto de sódio (comercializado como sal de cozinha), representado pela fórmula  $\text{NaCl}$ . Tal união é chamada de **ligação iônica** (alguns a denominam **ligação eletrovalente**).

Se conseguíssemos ampliar um daqueles cristaizinhos de sal presentes num saleiro, veríamos um arranjo regular de cátions  $\text{Na}^+$  e de ânions  $\text{Cl}^-$ , conhecido como **retículo cristalino iônico**, ilustrado esquematicamente ao lado.

O cloreto de sódio é apenas um exemplo de **composto iônico**, ou seja, um composto formado por íons. De modo geral, **sempre que um elemento, que necessita doar elétrons para se estabilizar, se unir a outro, que necessita recebê-los, a união se dará por ligação iônica**. Veja mais dois exemplos:



▲ Representação esquemática do retículo cristalino iônico do cloreto de sódio. Os íons estão representados, sem escala, por esferas, em cores fantasiosas.

2.

Para entendermos os diversos tipos de ligação covalente, vamos usar a representação eletrônica de Lewis. Nela, indicamos os elétrons da camada de valência de cada átomo, sendo que os elétrons compartilhados são representados entre os símbolos dos átomos ligantes. Veja como fica a molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ).



Representação dos **átomos de cloro** antes e depois de ligados, para formar uma molécula de cloro ( $\text{Cl}_2$ ).

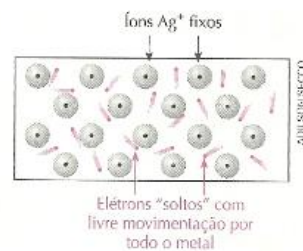
Observe que, isoladamente, cada átomo de cloro possui sete elétrons na camada de valência. Entretanto, quando se ligam, eles passam a compartilhar dois elétrons – um de cada átomo –, adquirindo estrutura eletrônica semelhante à dos átomos de argônio. Essa é a denominada **ligação covalente simples**, porque há compartilhamento de um par de elétrons originários dos dois átomos ligantes.

3

## 5.2 Ligação metálica e o modelo do mar de elétrons

Uma vez que os metais são bons condutores de corrente elétrica, é de esperar que eles possuam em sua estrutura **elétrons livres** para se movimentarem. Essa é uma das evidências que conduziram à elaboração do modelo da ligação química existente nos metais.

Como já vimos, os núcleos dos elementos classificados como metais não exercem uma atração muito grande sobre os elétrons da sua última camada. Por isso, possuem alta tendência a perder elétrons. Dessa forma, os cientistas admitem que um metal sólido é constituído por átomos metálicos em posições ordenadas com seus elétrons de valência livres para se movimentarem por todo o metal. Assim, temos um “amontoado” organizado de íons metálicos positivos mergulhados num “mar de elétrons” livres. Esse é o chamado **modelo do mar de elétrons**, que explica a condutividade elétrica dos metais. Ele está representado no esquema da figura ao lado.



## APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**Universidade Federal de Alfenas. Unifal-MG**  
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714 – Alfenas/MG – CEP 37130-000  
 Fone: (35) 3299-1000 . Fax: (35) 3299-1063



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**TÍTULO DA PESQUISA: “Análise Semiótica das Representações sobre Ligações Químicas nos Livros Didáticos e suas Contribuições para o Processo de Aprendizagem”.**

Eu, \_\_\_\_\_,

RG \_\_\_\_\_, responsável legal por \_\_\_\_\_,

abaixo-assinado, dou meu consentimento livre e esclarecido para participar como voluntário do projeto de pesquisa supracitado, sob a responsabilidade dos pesquisadores Karina Caixeta Scalco (mestranda), Profa. Márcia Regina Cordeiro.

Assinando este termo de Consentimento, estou ciente de que:

1. Este estudo tem como objetivo utilizar imagens presentes nos livros didáticos do ensino médio, referente ao conteúdo de ligações químicas para avaliar a contribuição destas no processo de ensino e aprendizagem.
2. Durante o estudo serão aplicados questionários com o objetivo de identificar: o que os alunos compreendem das imagens, observando o que eles sabem sobre o conteúdo químico proposto e o quanto as imagens possibilitam uma melhor compreensão deste conteúdo.

Além disso, estou ciente de que:

- (\* Os procedimentos da pesquisa não causarão desconfortos ou riscos a minha integridade física, psíquica ou moral.
- (\* Minha participação virá assim a beneficiar o estudo e aprofundamento sobre a contribuição das imagens no processo de ensino e aprendizagem de conteúdos químicos.
- (\* Estou livre para interromper, a qualquer momento, minha participação na pesquisa.
- (\* Meus dados pessoais serão mantidos em sigilo, bem como que as respostas obtidas através da pesquisa serão utilizados apenas para alcançar os objetivos do trabalho, expostos acima, incluída sua publicação na literatura científica especializada.
- (\* Poderei contatar o Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG para apresentar recursos ou reclamações em relação à pesquisa ou ensaio clínico, através do telefone (35) 3299-1067.
- (\* Poderei entrar em contato com os responsáveis pelo estudo, Karina Caixeta Scalco (mestranda), Profa. Márcia Regina Cordeiro, sempre que julgar necessário pelo telefone (35) 3299-1261 ou (35) 3299-1466.

Alfenas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013.

---

(nome, assinatura do voluntário ou representante legal)

**APÊNDICE C-** Tabela que compõe o acervo de imagens utilizadas para análise neste trabalho.

Fig. 1.1		Fig. 1.2
Fig. 1.3		Fig. 1.4
Fig. 1.5		Fig. 1.6
Fig. 1.7		Fig. 1.8
Fig. 1.9		Fig. 1.10
Fig. 1.11		Fig. 1.12



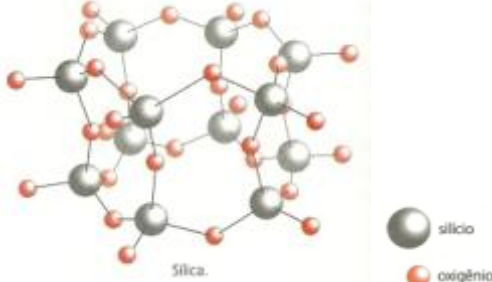
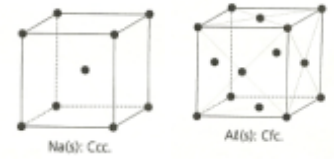
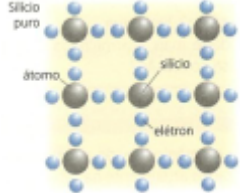
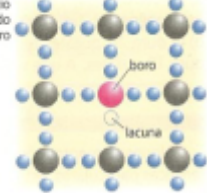
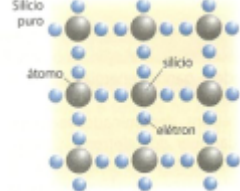
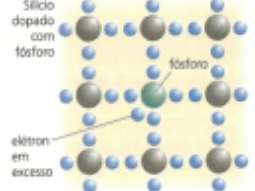
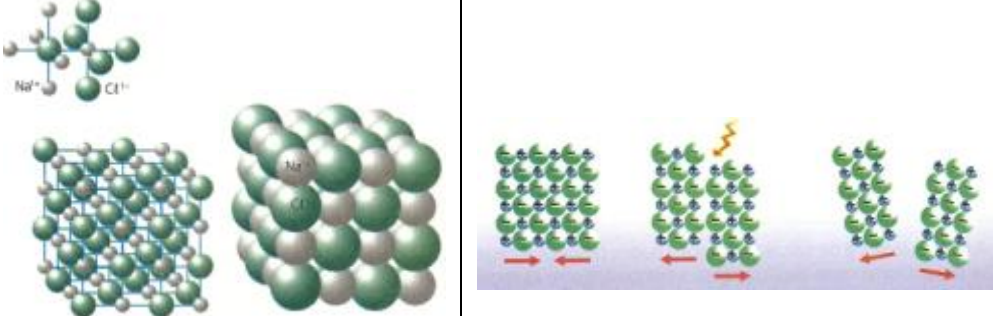
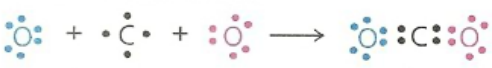
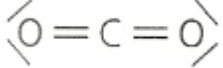

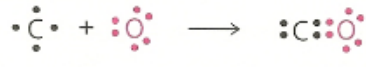
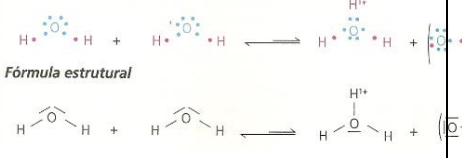
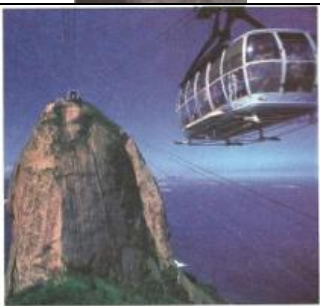


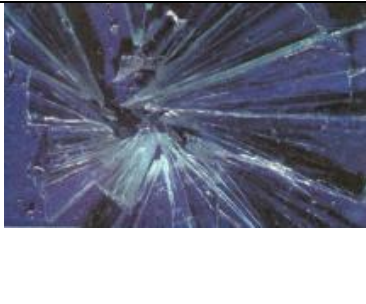


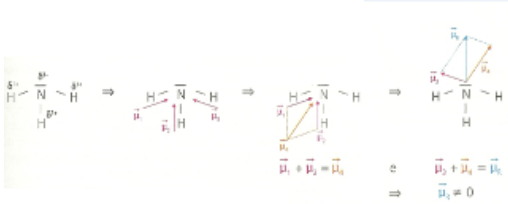
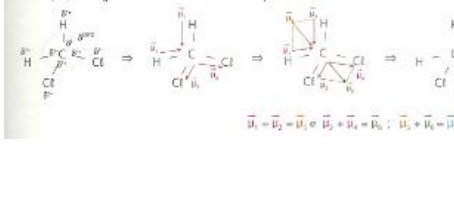
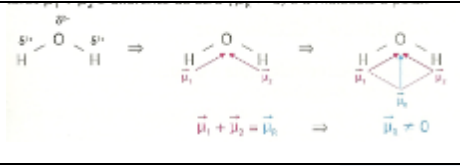
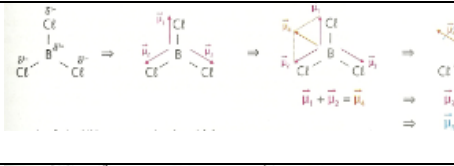
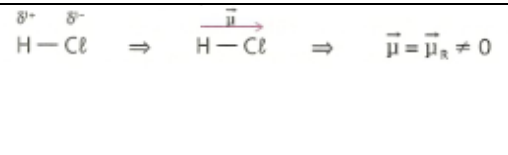
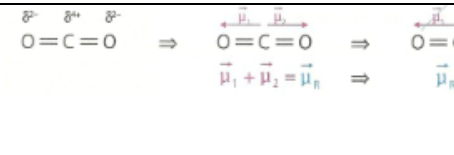












<p>Fig. 1.13</p>		<p>Fig. 1.14</p> 
<p>Fig. 1.15</p>	<p>Silício puro</p> 	<p>Silício dopado com boro</p> 
<p>Fig. 1.17</p>	<p>Silício puro</p> 	<p>Silício dopado com fósforo</p> 
<p>Fig. 1.19</p>		
<p>Fig. 1.21</p>	$H^{\bullet} + \bullet H \longrightarrow H : H \quad \text{ou} \quad H^{\bullet} \bullet H$	<p>Fig. 1.22</p> $H - H$
<p>Fig. 1.23</p>		<p>Fig. 1.24</p> 
<p>Fig. 1.25</p>	 $  N \equiv N  $	<p>Fig. 1.26</p> 
<p>Fig. 1.27</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fórmula eletrônica</i> <math>\bullet \overset{\cdot}{C} \bullet + \bullet \overset{\cdot}{O} \bullet \longrightarrow \bullet \overset{\cdot}{C} \bullet \bullet \overset{\cdot}{O} \bullet</math></li> <li>• <i>Fórmula estrutural</i> <math>  C \equiv O  </math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fórmula eletrônica</i></li> <li>• <i>Fórmula estrutural</i></li> </ul> 

Fig. 1.29		<p>• <b>Fórmula eletrônica</b></p> <p>• <b>Fórmula estrutural</b></p>	Fig. 1.30
Fig. 1.31			Fig. 1.32
Fig. 1.33		<p>Tolueno ou metilbenzeno.</p>	Fig. 1.34
Fig. 1.35	<p>Estrutura 1: real      Estrutura 2: que segue a regra do octeto</p>		Fig. 1.36
Fig. 1.37			Fig. 1.38
Fig. 1.39	<p>Estrutura 1: </p> <p>Estrutura 2: </p>	<p>H<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, HCl, CO  H-H, F-F, O=O, H-Cl, C≡O</p>	Fig. 1.40
Fig. 1.41	<p>CO<sub>2</sub>, CS<sub>2</sub>, HCN, N<sub>2</sub>O  O=C=O, S=C=S, H-C≡N, N=N=O</p>		Fig. 1.42
Fig. 1.43			Fig. 1.44
Fig. 1.45	<p>Exemplos: </p>		Fig. 1.46



<p>Fig. 1.59</p> 			<p>Fig. 1.60</p>
<p>Fig. 1.57</p> 			<p>Fig. 1.58</p>
<p>Fig. 1.55</p> 			<p>Fig. 1.56</p>
<p>Fig. 1.53</p> $\text{Na} \cdot + \cdot \text{Cl} \rightarrow \text{Na}^+ [\text{Cl}]^-$		$\text{Ca} + 2 \cdot \text{F} \rightarrow \text{Ca}^{2+} [\text{F}]_2^-$	<p>Fig. 1.54</p>
<p>Fig. 1.51</p> 			<p>Fig. 1.52</p>
<p>Fig. 1.49</p> 			<p>Fig. 1.50</p>
<p>Fig. 1.47</p> 			<p>Fig. 1.48</p>

<p>Fig. 1.61</p>			<p>Fig. 1.62</p>
<p>Fig. 1.63</p>			<p>Fig. 1.64</p>
<p>Fig. 1.65</p>			<p>Fig. 1.66</p>
<p>Fig. 1.67</p>			<p>Fig. 1.68</p>
<p>Fig. 1.69</p>	 <p>Disco rígido.</p>	 <p>Memória RAM</p>	<p>Fig. 1.70</p>
<p>Fig. 1.71</p>			<p>Fig. 1.72</p>

**Fig. 1.73**

**Fig. 1.74**

**Fig. 1.75**

Família	1	14	15	16	17
Principais elementos	H	C	N, P	O	F, Cl, Br e I
Elétrons do último nível	1 e-	4 e-	5 e-	6 e-	7 e-
Esquema de Lewis	+E	+E•	+E•	+E•	+E•
Esquema estrutural	-E	 -E	 -E	 -E	 -E

**Fig. 1.76**

% E	% Cl
0,1	0,5
0,2	1
0,3	2
0,4	4
0,5	6
0,6	9
0,7	12
0,8	15
0,9	19
1,0	22
1,1	26
1,2	30
1,3	34
1,4	39
1,5	43
1,6	47

↑  
predominantemente covalente

**Fig. 1.77**

Molécula	HF	HCl	HBr	HI
μ E-	1,78	0,99	0,76	0,46
μ (D)	1,91	1,03	0,79	0,38

**Fig. 1.78**

Substância	Massa molar/ g . mol <sup>-1</sup>	Força intermolecular	Ponto de fusão/°C	Ponto de ebulição/°C
Propano, C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	dipolo induzido	-187	-42
Cloro, Cl <sub>2</sub>	71	dipolo induzido	-100,98	-33,97
Bromo, Br <sub>2</sub>	160	dipolo induzido	-7,25	58,78
Iodo, I <sub>2</sub>	254	dipolo induzido	113,55	184,35
Metanol, CH <sub>3</sub> O	30	dipolo permanente	-99	-21
Água, H <sub>2</sub> O	18	ligações de hidrogénio	0	100
Diamante, C <sub>n</sub>	Indeterminada	macromolécula	3546,85	4890,85 (sublima)

**Fig. 1.79**

Dureza Mineral	Fórmula
1 Talco	Mg <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>
2 Gipsita	CaSO <sub>4</sub> ·2 H <sub>2</sub> O
3 Calcita	CaCO <sub>3</sub>
4 Fluorita	CaF <sub>2</sub>
5 Apatita	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F,Cl,OH)
6 Ortoclásio	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
7 Quartzo	(SiO <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>
8 Topázio	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> (OH) <sub>2</sub>
9 Corindon	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
10 Diamante	C <sub>n</sub>

**Fig. 1.80**

Tipo de cristal	Força intermolecular	Dureza	Exemplos
Cristal molecular	Forças de dipolo induzido	Extremamente baixa	Dióxido de carbono, metano, iodo
Cristal dipolar	Forças de dipolo permanente ou ligações de hidrogénio	Varia entre baixa e média	Coreto de hidrogénio, água, amónia
Cristal covalente ou atómico	Macromoléculas	Dureza muito elevada	Diamante, quartzo, rubi, sílica, berilo

**Fig. 1.81**

Metal	Na	Sn	Ca	Pb	Au	Ni	Fe	Ir	Os	W	Cr
Dureza*	0,4	2,0	2,5	2,5	3,0	4,5	4,5	6,5	7,0	7,0	8,9

**Fig. 1.82**

Metais	Pontos de fusão/°C
Mercurio	-38,87
Lítio	180,54
Sódio	97,81
Potássio	63,65
Césio	98,4
Fráncio	96,85
Gálio	29,78
Estanho	231,99
Ferro	1 534,85
Níquel	1 452,85
Crómio	1 856,85
Tungsténio	3 403,85

**Fig. 1.83**

Nome da liga	Composição % em massa	Propriedades principais	Aplicações principais
Níquel-cobalto	Ni 40% Co 40%	Ponto de fusão elevado, baixa condutibilidade elétrica.	Fios de resistência elétrica.
Ligas inoxidáveis	Cu 75% Ni 25%	Dureza e resistência à oxidação (oxidável).	Utilizadas na fabricação de moedas e na reciclagem de objetos por galvanoplastia.
Ouro de 18 quilates	Au 75% Ag 13% Cu 12%	Dureza, inerte química, aparência e brilho característicos.	Joalheria, próteses, circuitos eletrônicos de alto desempenho.
Bronze comum	Cu 90% Sn 10%	Facilidade de ser moldado.	Engrenagens, artesanato e diversos objetos de decoração.
Lado amarelo	Cu 67% Zn 33%	Flexibilidade, boa aparência.	Tubos, conexões, decorações.
Amalgama de zinco	Hg 50% Zn 50%	Só se oxida lentamente quando se encontra em um circuito fechado.	Pilhas elétricas.
Amalgama odontológica	Ag 99,9% Sn 2,03% Cu 4,53% Zn 0,39% Hg 43,1%	Baixo coeficiente de dilatação, resistência à oxidação (corrosão), alta maleabilidade.	Restauração de dentes posteriores.

<p>Fig. 1.85</p>		<p>Fig. 1.86</p> <table border="1"> <tr> <th>Elemento</th> <td>Na</td> <td>Mg</td> <td>Al</td> <td>Pb</td> <td>F</td> <td>O</td> <td>Cl</td> </tr> <tr> <td>Eletronegatividade</td> <td>1,0</td> <td>1,2</td> <td>1,5</td> <td>1,7</td> <td>4,0</td> <td>3,5</td> <td>3,0</td> </tr> </table>	Elemento	Na	Mg	Al	Pb	F	O	Cl	Eletronegatividade	1,0	1,2	1,5	1,7	4,0	3,5	3,0																																																																															
Elemento	Na	Mg	Al	Pb	F	O	Cl																																																																																										
Eletronegatividade	1,0	1,2	1,5	1,7	4,0	3,5	3,0																																																																																										
<p>Fig. 1.87</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cátion formado</th> <th>Elemento</th> <th>1º EI</th> <th>2º EI</th> <th>3º EI</th> <th>4º EI</th> <th>5º EI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Monovalente</td> <td><math>_{11}\text{Li}</math></td> <td>520,2</td> <td>7 297,9</td> <td>11 814,6</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Monovalente</td> <td><math>_{11}\text{Na}</math></td> <td>495,8</td> <td>4 562,4</td> <td>6 912</td> <td>9 543</td> <td>13 352</td> </tr> <tr> <td>Monovalente</td> <td><math>_{19}\text{K}</math></td> <td>418,8</td> <td>3 051,3</td> <td>4 411</td> <td>5 877</td> <td>7 975</td> </tr> <tr> <td>Bivalente</td> <td><math>_{12}\text{Mg}</math></td> <td>737,7</td> <td>1 450,6</td> <td>7 732,6</td> <td>10 540</td> <td>13 629</td> </tr> <tr> <td>Bivalente</td> <td><math>_{20}\text{Ca}</math></td> <td>589,8</td> <td>1 145,4</td> <td>4 911,8</td> <td>6 474</td> <td>8 144</td> </tr> <tr> <td>Bivalente</td> <td><math>_{38}\text{Sr}</math></td> <td>549,5</td> <td>1 064,5</td> <td>4 120</td> <td>5 500</td> <td>6 910</td> </tr> <tr> <td>Trivalente</td> <td><math>_{13}\text{Al}</math></td> <td>577,6</td> <td>1 816,6</td> <td>2 744,7</td> <td>11 577</td> <td>14 831</td> </tr> <tr> <td>Tetravalente</td> <td><math>_{82}\text{Pb}</math></td> <td>715,5</td> <td>1 450,4</td> <td>3 081,4</td> <td>4 083</td> <td>6 640</td> </tr> </tbody> </table>	Cátion formado	Elemento	1º EI	2º EI	3º EI	4º EI	5º EI	Monovalente	$_{11}\text{Li}$	520,2	7 297,9	11 814,6	—	—	Monovalente	$_{11}\text{Na}$	495,8	4 562,4	6 912	9 543	13 352	Monovalente	$_{19}\text{K}$	418,8	3 051,3	4 411	5 877	7 975	Bivalente	$_{12}\text{Mg}$	737,7	1 450,6	7 732,6	10 540	13 629	Bivalente	$_{20}\text{Ca}$	589,8	1 145,4	4 911,8	6 474	8 144	Bivalente	$_{38}\text{Sr}$	549,5	1 064,5	4 120	5 500	6 910	Trivalente	$_{13}\text{Al}$	577,6	1 816,6	2 744,7	11 577	14 831	Tetravalente	$_{82}\text{Pb}$	715,5	1 450,4	3 081,4	4 083	6 640	<p>Fig. 1.88</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Família</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Principais elementos</td> <td>Li, Na, K</td> <td>Mg, Ca, Sr</td> <td>Al</td> <td>Si, Pb</td> <td>N, P</td> <td>O, S</td> <td>F, Cl, Br, I</td> </tr> <tr> <td>Elétrons de valência</td> <td>1 e<sup>-</sup></td> <td>2 e<sup>-</sup></td> <td>3 e<sup>-</sup></td> <td>4 e<sup>-</sup></td> <td>5 e<sup>-</sup></td> <td>6 e<sup>-</sup></td> <td>7 e<sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Íon que tende a formar</td> <td>E<sup>+</sup></td> <td>E<sup>2+</sup></td> <td>E<sup>3+</sup></td> <td>E<sup>4+</sup></td> <td>E<sup>3+</sup></td> <td>E<sup>2+</sup></td> <td>E<sup>-</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Família	1	2	13	14	15	16	17	Principais elementos	Li, Na, K	Mg, Ca, Sr	Al	Si, Pb	N, P	O, S	F, Cl, Br, I	Elétrons de valência	1 e <sup>-</sup>	2 e <sup>-</sup>	3 e <sup>-</sup>	4 e <sup>-</sup>	5 e <sup>-</sup>	6 e <sup>-</sup>	7 e <sup>-</sup>	Íon que tende a formar	E <sup>+</sup>	E <sup>2+</sup>	E <sup>3+</sup>	E <sup>4+</sup>	E <sup>3+</sup>	E <sup>2+</sup>	E <sup>-</sup>
Cátion formado	Elemento	1º EI	2º EI	3º EI	4º EI	5º EI																																																																																											
Monovalente	$_{11}\text{Li}$	520,2	7 297,9	11 814,6	—	—																																																																																											
Monovalente	$_{11}\text{Na}$	495,8	4 562,4	6 912	9 543	13 352																																																																																											
Monovalente	$_{19}\text{K}$	418,8	3 051,3	4 411	5 877	7 975																																																																																											
Bivalente	$_{12}\text{Mg}$	737,7	1 450,6	7 732,6	10 540	13 629																																																																																											
Bivalente	$_{20}\text{Ca}$	589,8	1 145,4	4 911,8	6 474	8 144																																																																																											
Bivalente	$_{38}\text{Sr}$	549,5	1 064,5	4 120	5 500	6 910																																																																																											
Trivalente	$_{13}\text{Al}$	577,6	1 816,6	2 744,7	11 577	14 831																																																																																											
Tetravalente	$_{82}\text{Pb}$	715,5	1 450,4	3 081,4	4 083	6 640																																																																																											
Família	1	2	13	14	15	16	17																																																																																										
Principais elementos	Li, Na, K	Mg, Ca, Sr	Al	Si, Pb	N, P	O, S	F, Cl, Br, I																																																																																										
Elétrons de valência	1 e <sup>-</sup>	2 e <sup>-</sup>	3 e <sup>-</sup>	4 e <sup>-</sup>	5 e <sup>-</sup>	6 e <sup>-</sup>	7 e <sup>-</sup>																																																																																										
Íon que tende a formar	E <sup>+</sup>	E <sup>2+</sup>	E <sup>3+</sup>	E <sup>4+</sup>	E <sup>3+</sup>	E <sup>2+</sup>	E <sup>-</sup>																																																																																										
<p>Fig. 1.89</p>	<p>Dióxido de enxofre. Trióxido de enxofre. Sulfato de hidrogênio. Fosfato de hidrogênio.</p>	<p>Fig. 1.90</p> <p>dicloreto de berílio. trifluoreto de boro. monóxido de nitrogênio. tricloreto de alumínio.</p>																																																																																															
<p>Fig. 1.91</p>																																																																																																	
<p>Fig. 2.1</p>		<p>Fig. 2.2</p>																																																																																															
<p>Fig. 2.3</p>	<p>Fig. 2.3</p>	<p>Fig. 2.4</p>																																																																																															
<p>Fig. 2.5</p>	<p>Fig. 2.5</p>	<p>Fig. 2.6</p>																																																																																															



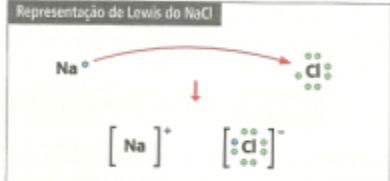
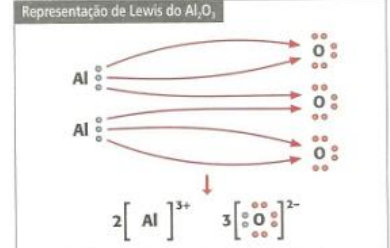
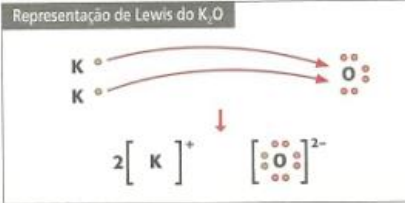
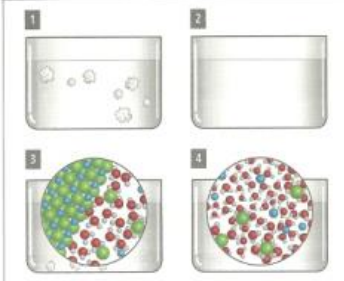

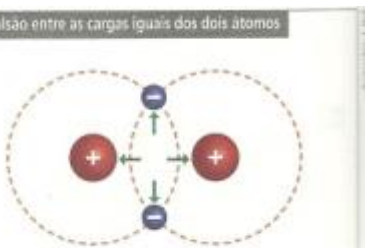
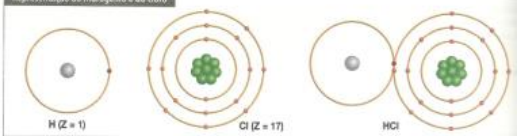



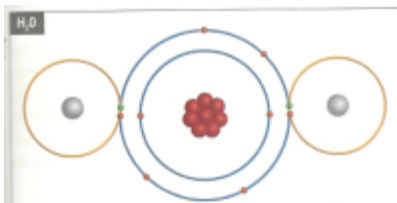




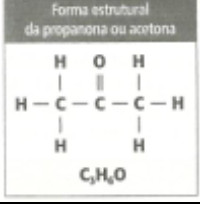
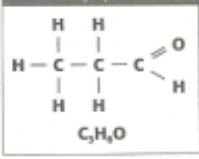
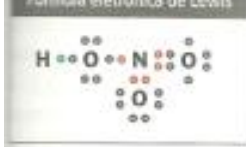
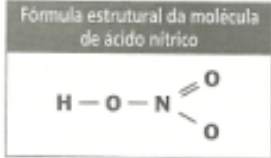
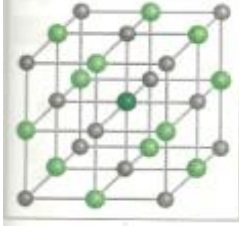
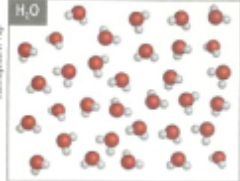
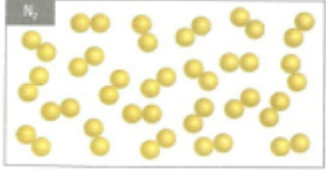
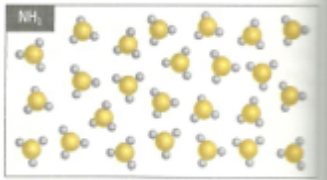
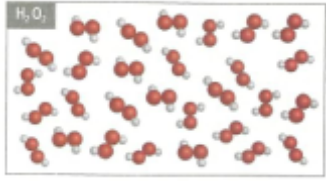
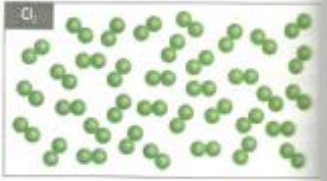
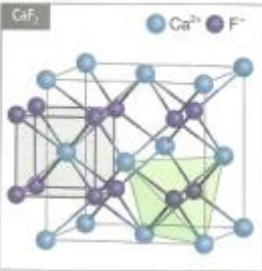
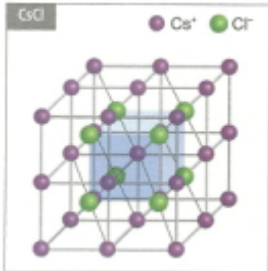
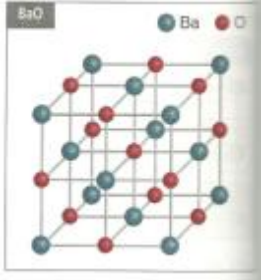
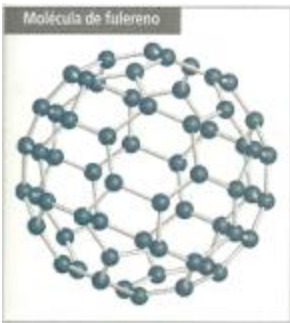
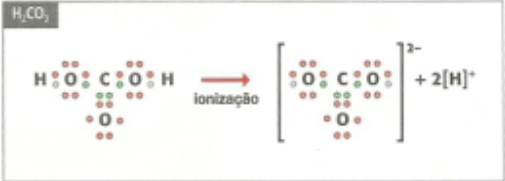
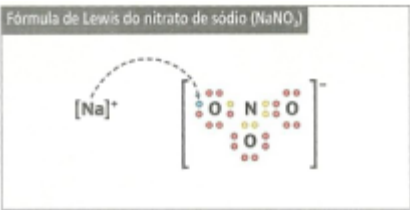

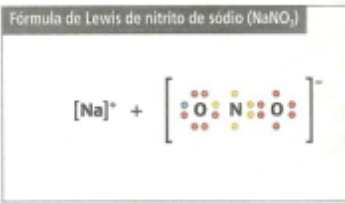
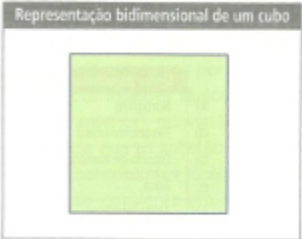

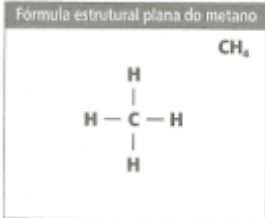


<p>Fig. 2.7</p>	<p>Representação de Lewis do NaCl</p> 	<p>Fig. 2.8</p>	<p>Representação de Lewis do CaF<sub>2</sub></p> 
<p>Fig. 2.9</p>	<p>Representação de Lewis do K<sub>2</sub>O</p> 	<p>Fig. 2.10</p>	<p>Representação de Lewis do Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></p>
<p>Fig. 2.11</p>		<p>Fig. 2.12</p> 	
<p>Fig. 2.13</p>	<p>2. Repulsão entre as cargas iguais dos dois átomos</p> 	<p>Fig. 2.14</p> <p>Representação do hidrogênio e do cloro</p> 	
<p>Fig. 2.15</p>		<p>Fig. 2.16</p> <p>Hidrogênio</p> <p>H (Z = 1)</p> <p>H<sup>+</sup></p>	
<p>Fig. 2.17</p>	<p>Oxigênio</p> <p>O (Z = 8)</p> 	<p>Fig. 2.18</p> <p>Ligação entre átomos de hidrogênio - molécula de hidrogênio</p> <p>Z (H) = 1</p> 	
<p>Fig. 2.19</p>		<p>Fig. 2.20</p> <p>Estrutura de Lewis para a molécula de água</p> 	

Fig. 2.21	<p>Estrutura de Lewis para a molécula de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</p> 	<p>Estrutura de Lewis para a molécula de nitrogénio (N<sub>2</sub>)</p> 	Fig. 2.22
Fig. 2.23	<p>Estrutura de Lewis para o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)</p> 	<p>Fórmula estrutural da água</p> $\text{H}-\text{O}-\text{H}$	Fig. 2.24
Fig. 2.25	<p>Forma estrutural da propanona ou acetona</p>  <p>C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O</p>	<p>Forma estrutural do propanal</p>  <p>C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O</p>	Fig. 2.26
Fig. 2.27	<p>Fórmula estrutural da molécula de ácido cianídico</p> $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ <p>HCN</p>	<p>Fórmula eletrónica de Lewis</p> 	Fig. 2.28
Fig. 2.29	<p>Fórmula estrutural da molécula de ácido nítrico</p> 		Fig. 2.30
Fig. 2.31			Fig. 2.32
Fig. 2.33			Fig. 2.34
Fig. 2.35			Fig. 2.36

<p>Fig. 2.37</p>			<p>Fig. 2.38</p>
<p>Fig. 2.39</p>			<p>Fig. 2.40</p>
<p>Fig. 2.41</p>			<p>Fig. 2.42</p>
<p>Fig. 2.43</p>			<p>Fig. 2.44</p>
<p>Fig. 2.45</p>			<p>Fig. 2.46</p>
<p>Fig. 2.47</p>			<p>Fig. 2.48</p>


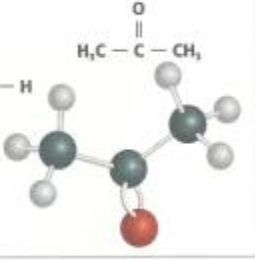


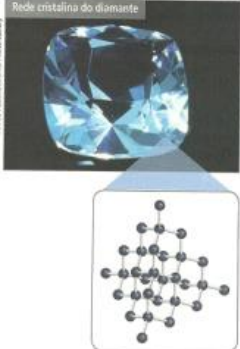
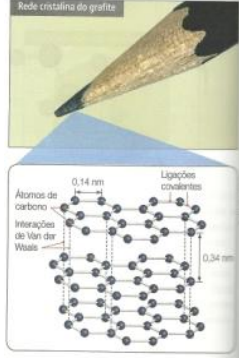
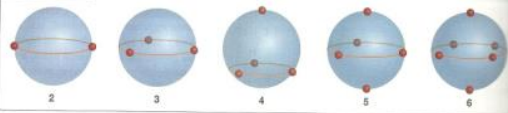

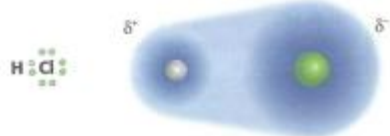
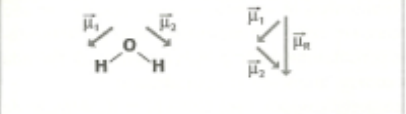
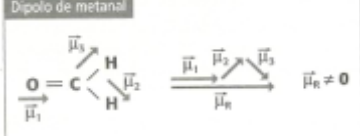
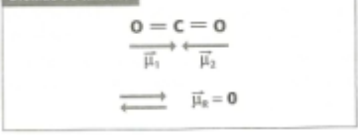
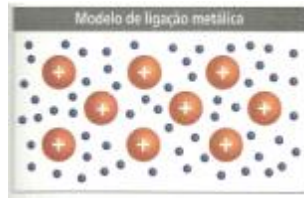
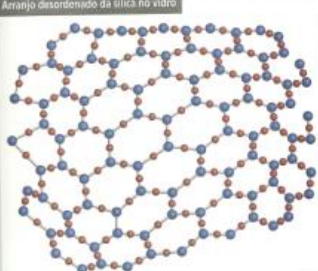
<p>Fig. 2.49</p>	<p>Alcool etílico (etanol)</p> $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C}-\text{OH} \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$ $\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$ 	<p>Propanona (acetona)</p> $\begin{array}{c} \text{H} & \text{O} & \text{H} \\   &    &   \\ \text{H}-\text{C} & -\text{C} & -\text{C}-\text{H} \\   & &   \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ 
<p>Fig. 2.51</p>	<p>Água</p>  $\text{H}_2\text{O}$	<p>Dióxido de carbono</p>  $\text{CO}_2$
<p>Fig. 2.53</p>	<p>Rede cristalina do diamante</p> 	<p>Rede cristalina do grafite</p> 
<p>Fig. 2.55</p>	<p>Repulsão eletrostática</p> 	
<p>Fig. 2.57</p>		<p>Água</p> 
<p>Fig. 2.59</p>	<p>Dipolo de metanal</p> 	<p>Dióxido de carbono</p> 
<p>Fig. 2.61</p>	<p>Modelo de ligação metálica</p> 	<p>Arranjo desordenado da sílica no vidro</p> 

Fig. 2.50

Fig. 2.52

Fig. 2.54


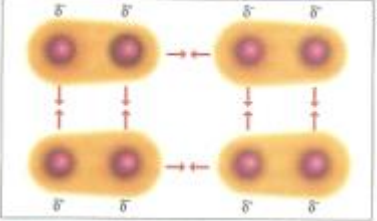

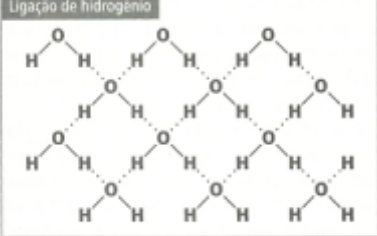
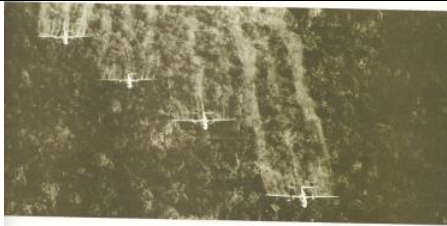








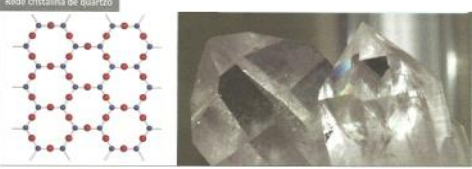
Fig. 2.56


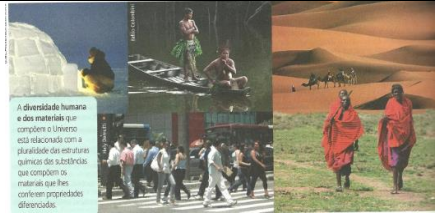

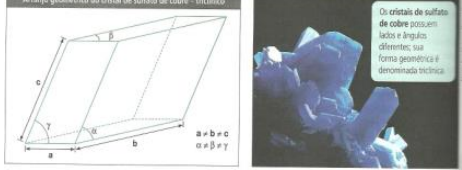








Fig. 2.58




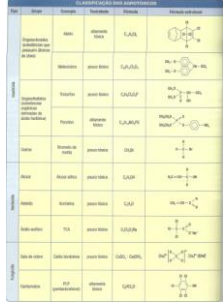
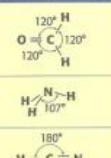
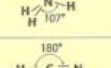
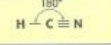
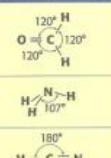
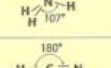
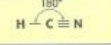
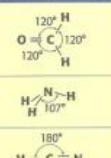
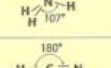
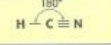
Fig. 2.60

Fig. 2.62

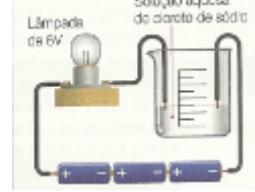

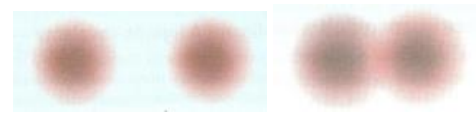

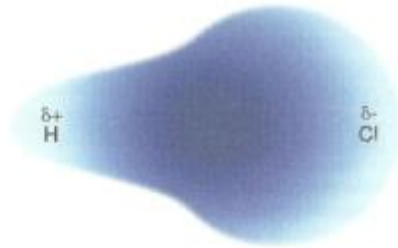

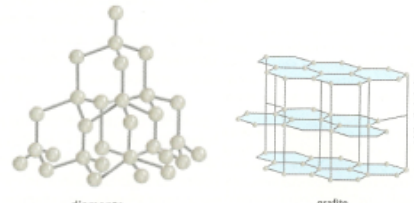
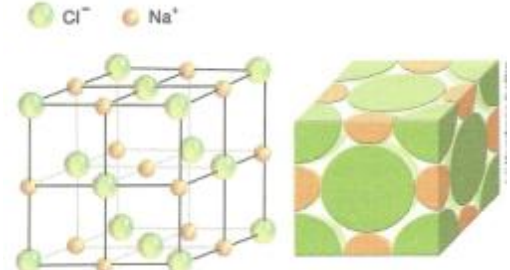
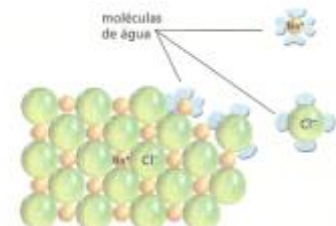
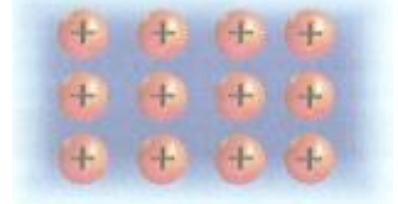


<p>Fig. 2.63</p>		
<p>Fig. 2.65</p>		
<p>Fig. 2.67</p>		
<p>Fig. 2.69</p>		
<p>Fig. 2.71</p>		
<p>Fig. 2.73</p>		
<p>Fig. 2.75</p>		

<p>Fig. 2.77</p>		 <p>A diversidade humana e dos materiais que compõem o Universo está relacionada com a pluralidade das estruturas químicas das substâncias que compõem os materiais que lhes conferem propriedades diferenciadas.</p>	<p>Fig. 2.78</p>
<p>Fig. 2.79</p>	 <p>Falésia em Moro Branco, Beberibe, CE, abril 2008.</p>	 <p>Arranjo geométrico do cristal de sulfato de cobre - triclinico</p> <p>Os cristais de sulfato de cobre possuem lados e ângulos diferentes, sua forma geométrica é denominada triclinica.</p>	<p>Fig. 2.80</p>
<p>Fig. 2.81</p>	 <p>Organização cristalina do quartzo</p> <p>Os cristais de quartzo são constituídos por uma rede cristalina da sílica (SiO<sub>2</sub>), com os átomos ordenadamente arranjados, como mostra o esquema da estrutura à esquerda da foto.</p>		<p>Fig. 2.82</p>
<p>Fig. 2.83</p>	 <p>O vidro (SiO<sub>2</sub>) com base na silicatos é formado a partir de SiO<sub>2</sub> e CaO por aquecimento.</p>		<p>Fig. 2.84</p>
<p>Fig. 2.85</p>			<p>Fig. 2.86</p>
<p>Fig. 2.87</p>			<p>Fig. 2.88</p>

<p>Fig. 2.89</p>			<p>Fig. 2.90</p>																																																												
<p>Fig. 2.91</p>			<p>Fig. 2.92</p>																																																												
<p>Fig. 2.93</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS AGROTÓXICOS DE ACORDO COM A ANVISA</th> </tr> <tr> <th>Classe</th> <th>Toxicidade</th> <th>Coloração da faixa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>extremamente tóxicos</td> <td>vermelha</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>altamente tóxicos</td> <td>amarela</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>medianamente tóxicos</td> <td>azul</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>pouco tóxicos</td> <td>verde</td> </tr> </tbody> </table>	CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS AGROTÓXICOS DE ACORDO COM A ANVISA			Classe	Toxicidade	Coloração da faixa	I	extremamente tóxicos	vermelha	II	altamente tóxicos	amarela	III	medianamente tóxicos	azul	IV	pouco tóxicos	verde	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">CARGAS COMUMENTE ASSUMIDAS POR ÁTOMOS DOS ELEMENTOS REPRESENTATIVOS</th> </tr> <tr> <th>Grupo</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Carga</th> <td>1<sup>+</sup></td> <td>2<sup>+</sup></td> <td>3<sup>+</sup></td> <td>4<sup>+</sup></td> <td>3<sup>-</sup></td> <td>2<sup>-</sup></td> <td>1<sup>-</sup></td> </tr> </tbody> </table>	CARGAS COMUMENTE ASSUMIDAS POR ÁTOMOS DOS ELEMENTOS REPRESENTATIVOS							Grupo	1	2	13	14	15	16	17	Carga	1 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	3 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	1 <sup>-</sup>	<p>Fig. 2.94</p>																			
CLASSIFICAÇÃO TOXICOLÓGICA DOS AGROTÓXICOS DE ACORDO COM A ANVISA																																																															
Classe	Toxicidade	Coloração da faixa																																																													
I	extremamente tóxicos	vermelha																																																													
II	altamente tóxicos	amarela																																																													
III	medianamente tóxicos	azul																																																													
IV	pouco tóxicos	verde																																																													
CARGAS COMUMENTE ASSUMIDAS POR ÁTOMOS DOS ELEMENTOS REPRESENTATIVOS																																																															
Grupo	1	2	13	14	15	16	17																																																								
Carga	1 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>	3 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>	1 <sup>-</sup>																																																								
<p>Fig. 2.95</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Propanona</th> <th>Propanal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura de fusão</td> <td>-95 °C</td> <td>-81 °C</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de ebulição</td> <td>56 °C</td> <td>49 °C</td> </tr> <tr> <td>Solubilidade em 100 g de água</td> <td>insolúvel</td> <td>20 g (20 °C)</td> </tr> <tr> <td>Densidade</td> <td>0,7 g/mL</td> <td>0,81 g/mL</td> </tr> </tbody> </table>		Propanona	Propanal	Temperatura de fusão	-95 °C	-81 °C	Temperatura de ebulição	56 °C	49 °C	Solubilidade em 100 g de água	insolúvel	20 g (20 °C)	Densidade	0,7 g/mL	0,81 g/mL	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOME</th> <th>FÓRMULA MOLECULAR</th> <th>FORMA GEOMÉTRICA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Metanal</td> <td>CH<sub>2</sub>O</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amônia</td> <td>NH<sub>3</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ácido cianídrico</td> <td>HCN</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	NOME	FÓRMULA MOLECULAR	FORMA GEOMÉTRICA	Metanal	CH <sub>2</sub> O		Amônia	NH <sub>3</sub>		Ácido cianídrico	HCN		<p>Fig. 2.96</p>																																	
	Propanona	Propanal																																																													
Temperatura de fusão	-95 °C	-81 °C																																																													
Temperatura de ebulição	56 °C	49 °C																																																													
Solubilidade em 100 g de água	insolúvel	20 g (20 °C)																																																													
Densidade	0,7 g/mL	0,81 g/mL																																																													
NOME	FÓRMULA MOLECULAR	FORMA GEOMÉTRICA																																																													
Metanal	CH <sub>2</sub> O																																																														
Amônia	NH <sub>3</sub>																																																														
Ácido cianídrico	HCN																																																														
<p>Fig. 2.97</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOME</th> <th>FÓRMULA</th> <th>ESTRUTURA DE LEWIS</th> <th>GEOMETRIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gás metano</td> <td>CH<sub>4</sub></td> <td>4 pares de elétrons ligantes (C — H)</td> <td>Tetraédrica</td> </tr> <tr> <td>Amônia</td> <td>NH<sub>3</sub></td> <td>3 pares de elétrons ligantes (N — H) 1 par de elétrons não ligantes</td> <td>Piramidal</td> </tr> <tr> <td>Água</td> <td>H<sub>2</sub>O</td> <td>2 pares de elétrons ligantes (O — H) 2 pares de elétrons não ligantes</td> <td>Angular</td> </tr> <tr> <td>Dióxido de carbono</td> <td>CO<sub>2</sub></td> <td>4 pares de elétrons ligantes (C = O)</td> <td>Linear</td> </tr> <tr> <td>Hidreto de boro</td> <td>BH<sub>3</sub></td> <td>3 pares de elétrons ligantes (B — H)</td> <td>Trigonal plana</td> </tr> </tbody> </table>	NOME	FÓRMULA	ESTRUTURA DE LEWIS	GEOMETRIA	Gás metano	CH <sub>4</sub>	4 pares de elétrons ligantes (C — H)	Tetraédrica	Amônia	NH <sub>3</sub>	3 pares de elétrons ligantes (N — H) 1 par de elétrons não ligantes	Piramidal	Água	H <sub>2</sub> O	2 pares de elétrons ligantes (O — H) 2 pares de elétrons não ligantes	Angular	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	4 pares de elétrons ligantes (C = O)	Linear	Hidreto de boro	BH <sub>3</sub>	3 pares de elétrons ligantes (B — H)	Trigonal plana	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VALORES DE ELETRONEGATIVIDADE DOS ÁTOMOS DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS</th> </tr> <tr> <th>Elemento</th> <th>Eletronegatividade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>F</td><td>3,98</td></tr> <tr><td>O</td><td>3,44</td></tr> <tr><td>Cl</td><td>3,16</td></tr> <tr><td>N</td><td>3,04</td></tr> <tr><td>Br</td><td>2,96</td></tr> <tr><td>I</td><td>2,66</td></tr> <tr><td>S</td><td>2,58</td></tr> <tr><td>C</td><td>2,55</td></tr> <tr><td>H</td><td>2,20</td></tr> <tr><td>Fr</td><td>0,7</td></tr> </tbody> </table>	VALORES DE ELETRONEGATIVIDADE DOS ÁTOMOS DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS		Elemento	Eletronegatividade	F	3,98	O	3,44	Cl	3,16	N	3,04	Br	2,96	I	2,66	S	2,58	C	2,55	H	2,20	Fr	0,7	<p>Fig. 2.98</p>												
NOME	FÓRMULA	ESTRUTURA DE LEWIS	GEOMETRIA																																																												
Gás metano	CH <sub>4</sub>	4 pares de elétrons ligantes (C — H)	Tetraédrica																																																												
Amônia	NH <sub>3</sub>	3 pares de elétrons ligantes (N — H) 1 par de elétrons não ligantes	Piramidal																																																												
Água	H <sub>2</sub> O	2 pares de elétrons ligantes (O — H) 2 pares de elétrons não ligantes	Angular																																																												
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	4 pares de elétrons ligantes (C = O)	Linear																																																												
Hidreto de boro	BH <sub>3</sub>	3 pares de elétrons ligantes (B — H)	Trigonal plana																																																												
VALORES DE ELETRONEGATIVIDADE DOS ÁTOMOS DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS																																																															
Elemento	Eletronegatividade																																																														
F	3,98																																																														
O	3,44																																																														
Cl	3,16																																																														
N	3,04																																																														
Br	2,96																																																														
I	2,66																																																														
S	2,58																																																														
C	2,55																																																														
H	2,20																																																														
Fr	0,7																																																														
<p>Fig. 2.99</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ENERGIA DE IONIZAÇÃO DE ÁTOMOS DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS</th> </tr> <tr> <th>Não metais</th> <th>Energia de ionização</th> <th>Metais</th> <th>Energia de ionização</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F</td> <td>1680 kJ·mol<sup>-1</sup></td> <td>Cu</td> <td>785 kJ·mol<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td>Ar</td> <td>1520 kJ·mol<sup>-1</sup></td> <td>Fe</td> <td>759 kJ·mol<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td>Cl</td> <td>1255 kJ·mol<sup>-1</sup></td> <td>Al</td> <td>577 kJ·mol<sup>-1</sup></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>1000 kJ·mol<sup>-1</sup></td> <td>Na</td> <td>494 kJ·mol<sup>-1</sup></td> </tr> </tbody> </table>	ENERGIA DE IONIZAÇÃO DE ÁTOMOS DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS				Não metais	Energia de ionização	Metais	Energia de ionização	F	1680 kJ·mol <sup>-1</sup>	Cu	785 kJ·mol <sup>-1</sup>	Ar	1520 kJ·mol <sup>-1</sup>	Fe	759 kJ·mol <sup>-1</sup>	Cl	1255 kJ·mol <sup>-1</sup>	Al	577 kJ·mol <sup>-1</sup>	S	1000 kJ·mol <sup>-1</sup>	Na	494 kJ·mol <sup>-1</sup>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">INTERAÇÃO ENTRE ALGUNS PARES DE MATERIAIS</th> </tr> <tr> <th>Materiais 1 (colocados no béquer até metade do volume)</th> <th>Materiais 2 (adicionalado ao material do béquer — uma colherzinha)</th> <th>Misturam-se</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Refrigerante</td><td>Sal de cozinha</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Refrigerante</td><td>Óleo de soja</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Refrigerante</td><td>Vinagre ou parafina</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Refrigerante</td><td>Vaselina ou parafina</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Óleo de soja</td><td>Sal de cozinha</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Óleo de soja</td><td>Vinagre</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Óleo de soja</td><td>Vaselina ou parafina</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Vinagre</td><td>Sal de cozinha</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Vinagre</td><td>Vaselina ou parafina</td><td>Sim</td></tr> <tr><td>Vaselina ou parafina</td><td>Sal de cozinha</td><td>Sim</td></tr> </tbody> </table>	INTERAÇÃO ENTRE ALGUNS PARES DE MATERIAIS			Materiais 1 (colocados no béquer até metade do volume)	Materiais 2 (adicionalado ao material do béquer — uma colherzinha)	Misturam-se	Refrigerante	Sal de cozinha	Sim	Refrigerante	Óleo de soja	Sim	Refrigerante	Vinagre ou parafina	Sim	Refrigerante	Vaselina ou parafina	Sim	Óleo de soja	Sal de cozinha	Sim	Óleo de soja	Vinagre	Sim	Óleo de soja	Vaselina ou parafina	Sim	Vinagre	Sal de cozinha	Sim	Vinagre	Vaselina ou parafina	Sim	Vaselina ou parafina	Sal de cozinha	Sim	<p>Fig. 2.100</p>
ENERGIA DE IONIZAÇÃO DE ÁTOMOS DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS																																																															
Não metais	Energia de ionização	Metais	Energia de ionização																																																												
F	1680 kJ·mol <sup>-1</sup>	Cu	785 kJ·mol <sup>-1</sup>																																																												
Ar	1520 kJ·mol <sup>-1</sup>	Fe	759 kJ·mol <sup>-1</sup>																																																												
Cl	1255 kJ·mol <sup>-1</sup>	Al	577 kJ·mol <sup>-1</sup>																																																												
S	1000 kJ·mol <sup>-1</sup>	Na	494 kJ·mol <sup>-1</sup>																																																												
INTERAÇÃO ENTRE ALGUNS PARES DE MATERIAIS																																																															
Materiais 1 (colocados no béquer até metade do volume)	Materiais 2 (adicionalado ao material do béquer — uma colherzinha)	Misturam-se																																																													
Refrigerante	Sal de cozinha	Sim																																																													
Refrigerante	Óleo de soja	Sim																																																													
Refrigerante	Vinagre ou parafina	Sim																																																													
Refrigerante	Vaselina ou parafina	Sim																																																													
Óleo de soja	Sal de cozinha	Sim																																																													
Óleo de soja	Vinagre	Sim																																																													
Óleo de soja	Vaselina ou parafina	Sim																																																													
Vinagre	Sal de cozinha	Sim																																																													
Vinagre	Vaselina ou parafina	Sim																																																													
Vaselina ou parafina	Sal de cozinha	Sim																																																													



<p>Fig. 2.101</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ACUSAÇÃO</th> <th>DEFESA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Não se conhecem todas as características do que está sendo produzido nem seus possíveis efeitos sobre a saúde humana.</li> <li>→ Transgênicos poderiam cruzar acidental e naturalmente com espécies comuns, transmitindo suas características genéticas. Imagine uma soja resistente à herbicida transmitindo essa capacidade à uma crava-daninha...</li> <li>→ Tornam os produtores e a sociedade mais dependentes do biotecnólogo, pois ficarão impedidos de replantar sem pagamento de patentes. Se hoje o agricultor pode plantar milho, por exemplo, separando os melhores grãos da safra anterior, com a disseminação dos OGMs, ele terá de comprar as sementes da empresa de biotecnologia.</li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Transgênicos são mais resistentes a pragas.</li> <li>→ São mais produtivos e se adaptam melhor ao ambiente.</li> <li>→ Diminuem os custos de produção da agricultura, pois, sendo mais resistentes, necessitam de menores quantidades de fertilizantes e agrotóxicos, causando menos danos ao ambiente.</li> <li>→ Em razão da alta produtividade, poderiam solucionar o problema da fome no mundo.</li> <li>→ Não há provas que os inseticidas (mais de quinhentos testes foram realizados sem que fossem descobertos efeitos nocivos).</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	ACUSAÇÃO	DEFESA	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Não se conhecem todas as características do que está sendo produzido nem seus possíveis efeitos sobre a saúde humana.</li> <li>→ Transgênicos poderiam cruzar acidental e naturalmente com espécies comuns, transmitindo suas características genéticas. Imagine uma soja resistente à herbicida transmitindo essa capacidade à uma crava-daninha...</li> <li>→ Tornam os produtores e a sociedade mais dependentes do biotecnólogo, pois ficarão impedidos de replantar sem pagamento de patentes. Se hoje o agricultor pode plantar milho, por exemplo, separando os melhores grãos da safra anterior, com a disseminação dos OGMs, ele terá de comprar as sementes da empresa de biotecnologia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Transgênicos são mais resistentes a pragas.</li> <li>→ São mais produtivos e se adaptam melhor ao ambiente.</li> <li>→ Diminuem os custos de produção da agricultura, pois, sendo mais resistentes, necessitam de menores quantidades de fertilizantes e agrotóxicos, causando menos danos ao ambiente.</li> <li>→ Em razão da alta produtividade, poderiam solucionar o problema da fome no mundo.</li> <li>→ Não há provas que os inseticidas (mais de quinhentos testes foram realizados sem que fossem descobertos efeitos nocivos).</li> </ul>	
ACUSAÇÃO	DEFESA					
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Não se conhecem todas as características do que está sendo produzido nem seus possíveis efeitos sobre a saúde humana.</li> <li>→ Transgênicos poderiam cruzar acidental e naturalmente com espécies comuns, transmitindo suas características genéticas. Imagine uma soja resistente à herbicida transmitindo essa capacidade à uma crava-daninha...</li> <li>→ Tornam os produtores e a sociedade mais dependentes do biotecnólogo, pois ficarão impedidos de replantar sem pagamento de patentes. Se hoje o agricultor pode plantar milho, por exemplo, separando os melhores grãos da safra anterior, com a disseminação dos OGMs, ele terá de comprar as sementes da empresa de biotecnologia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Transgênicos são mais resistentes a pragas.</li> <li>→ São mais produtivos e se adaptam melhor ao ambiente.</li> <li>→ Diminuem os custos de produção da agricultura, pois, sendo mais resistentes, necessitam de menores quantidades de fertilizantes e agrotóxicos, causando menos danos ao ambiente.</li> <li>→ Em razão da alta produtividade, poderiam solucionar o problema da fome no mundo.</li> <li>→ Não há provas que os inseticidas (mais de quinhentos testes foram realizados sem que fossem descobertos efeitos nocivos).</li> </ul>					
<p>Fig. 2.103</p>						
<p>Fig. 3.1</p>						
<p>Fig. 3.3</p>						
<p>Fig. 3.5</p>	 <p>diamante                      grafite</p>	 <p>Cl<sup>-</sup>   Na<sup>+</sup></p>				
<p>Fig. 3.7</p>	 <p>moléculas de água</p> <p>Cl<sup>-</sup></p>					
<p>Fig. 2.102</p>						

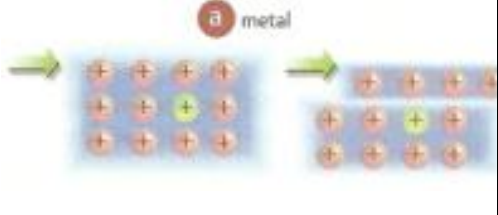
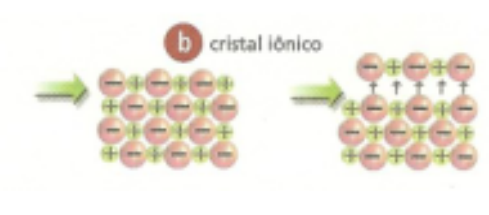
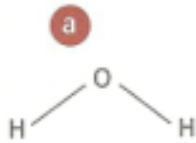

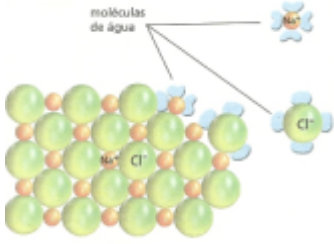
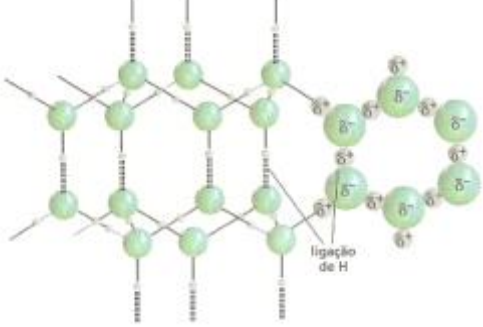










































<p>Fig. 3.9</p>	 <p>a metal</p>	 <p>b cristal iônico</p>	<p>Fig. 3.10</p>
<p>Fig. 3.11</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>	<p>Fig. 3.12</p>
<p>Fig. 3.13</p>	 <p>moléculas de água</p>	 <p>ligação de H</p>	<p>Fig. 3.14</p>
<p>Fig. 3.15</p>			<p>Fig. 3.16</p>
<p>Fig. 3.17</p>			<p>Fig. 3.18</p>
<p>Fig. 3.19</p>			<p>Fig. 3.20</p>

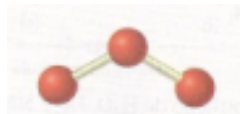
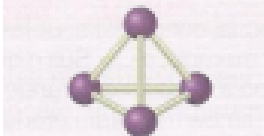
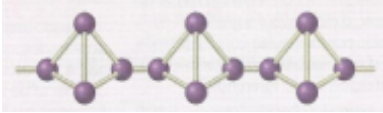
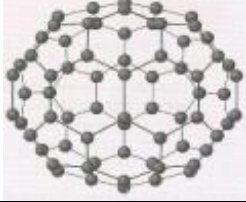
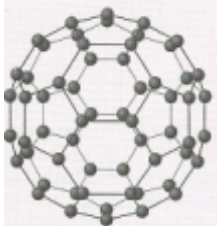
Fig. 3.21			Fig. 3.22																																																															
Fig. 3.23			Fig. 3.24																																																															
Fig. 3.25			Fig. 3.26																																																															
Fig. 3.27	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Foto da substância</th> <th>Substância</th> <th>Foto da substância</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a) açúcar (sacarose) – C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub></td> <td></td> <td>b) grafite – C<sub>graphite</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>c) alumínio – Al</td> <td></td> <td>d) cobre – Cu</td> <td></td> </tr> <tr> <td>e) iodo – I<sub>2</sub></td> <td></td> <td>f) quartzo – SiO<sub>2</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>g) iodeto de potássio – KI</td> <td></td> <td>h) naftaleno – C<sub>10</sub>H<sub>8</sub></td> <td></td> </tr> <tr> <td>i) ferro – Fe</td> <td></td> <td>j) cloreto de sódio – NaCl</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Substância	Foto da substância	Substância	Foto da substância	a) açúcar (sacarose) – C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>		b) grafite – C <sub>graphite</sub>		c) alumínio – Al		d) cobre – Cu		e) iodo – I <sub>2</sub>		f) quartzo – SiO <sub>2</sub>		g) iodeto de potássio – KI		h) naftaleno – C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>		i) ferro – Fe		j) cloreto de sódio – NaCl		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Massa molar (g/mol)</th> <th>Estado físico a 20 °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO (óxido de carbono)</td> <td>28</td> <td rowspan="3">gasoso</td> </tr> <tr> <td>O<sub>2</sub> (oxigênio)</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono)</td> <td>44</td> </tr> <tr> <td>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (benzeno)</td> <td>78</td> <td rowspan="2">líquido</td> </tr> <tr> <td>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH (fenol)</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td>C<sub>10</sub>H<sub>8</sub> (naftaleno)</td> <td>128</td> <td rowspan="2">sólido</td> </tr> <tr> <td>C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> (sacarose)</td> <td>342</td> </tr> </tbody> </table>	Substância	Massa molar (g/mol)	Estado físico a 20 °C	CO (óxido de carbono)	28	gasoso	O <sub>2</sub> (oxigênio)	32	CO <sub>2</sub> (dióxido de carbono)	44	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (benzeno)	78	líquido	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH (fenol)	94	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> (naftaleno)	128	sólido	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (sacarose)	342	Fig. 3.28																			
Substância	Foto da substância	Substância	Foto da substância																																																															
a) açúcar (sacarose) – C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>		b) grafite – C <sub>graphite</sub>																																																																
c) alumínio – Al		d) cobre – Cu																																																																
e) iodo – I <sub>2</sub>		f) quartzo – SiO <sub>2</sub>																																																																
g) iodeto de potássio – KI		h) naftaleno – C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>																																																																
i) ferro – Fe		j) cloreto de sódio – NaCl																																																																
Substância	Massa molar (g/mol)	Estado físico a 20 °C																																																																
CO (óxido de carbono)	28	gasoso																																																																
O <sub>2</sub> (oxigênio)	32																																																																	
CO <sub>2</sub> (dióxido de carbono)	44																																																																	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (benzeno)	78	líquido																																																																
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH (fenol)	94																																																																	
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> (naftaleno)	128	sólido																																																																
C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> (sacarose)	342																																																																	
Fig. 3.29	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Fórmula molecular</th> <th>Fórmula estrutural</th> <th>Temperatura de fusão (°C)</th> <th>Temperatura de ebulição (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>hexano</td> <td>C<sub>6</sub>H<sub>14</sub></td> <td>CH<sub>3</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>3</sub></td> <td>-95,3</td> <td>68,7</td> </tr> <tr> <td>2,2-dimetilbutano</td> <td>C<sub>6</sub>H<sub>14</sub></td> <td> <math display="block">\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}</math> </td> <td>-99,0</td> <td>49,7</td> </tr> <tr> <td>heptano</td> <td>C<sub>7</sub>H<sub>16</sub></td> <td>CH<sub>3</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>3</sub></td> <td>-90,6</td> <td>98,5</td> </tr> <tr> <td>2,2-dimetilpentano</td> <td>C<sub>7</sub>H<sub>16</sub></td> <td> <math display="block">\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}</math> </td> <td>-123,8</td> <td>79,2</td> </tr> <tr> <td>octano</td> <td>C<sub>8</sub>H<sub>18</sub></td> <td>CH<sub>3</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>2</sub> – CH<sub>3</sub></td> <td>-56,8</td> <td>125,6</td> </tr> <tr> <td>2,2-dimetilhexano</td> <td>C<sub>8</sub>H<sub>18</sub></td> <td> <math display="block">\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}</math> </td> <td>-121,1</td> <td>106,8</td> </tr> </tbody> </table>	Substância	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)	hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	-95,3	68,7	2,2-dimetilbutano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-99,0	49,7	heptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	-90,6	98,5	2,2-dimetilpentano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-123,8	79,2	octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	-56,8	125,6	2,2-dimetilhexano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-121,1	106,8	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Massa molar (g/mol)</th> <th>Temperatura de ebulição (°C)</th> <th>Estado físico a 20 °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CH<sub>4</sub> (metano)</td> <td>16</td> <td>-162</td> <td>gasoso</td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub>O (água)</td> <td>18</td> <td>100</td> <td>líquido</td> </tr> <tr> <td>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (etanol)</td> <td>46</td> <td>78</td> <td>líquido</td> </tr> <tr> <td>C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (éter)</td> <td>58</td> <td>56</td> <td>líquido</td> </tr> <tr> <td>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>CH<sub>3</sub> (tolueno)</td> <td>92</td> <td>111</td> <td>líquido</td> </tr> <tr> <td>C<sub>10</sub>H<sub>8</sub> (naftaleno)</td> <td>128</td> <td>218</td> <td>sólido</td> </tr> </tbody> </table>	Substância	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição (°C)	Estado físico a 20 °C	CH <sub>4</sub> (metano)	16	-162	gasoso	H <sub>2</sub> O (água)	18	100	líquido	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (etanol)	46	78	líquido	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O (éter)	58	56	líquido	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> CH <sub>3</sub> (tolueno)	92	111	líquido	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> (naftaleno)	128	218	sólido	Fig. 3.30
Substância	Fórmula molecular	Fórmula estrutural	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)																																																														
hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	-95,3	68,7																																																														
2,2-dimetilbutano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-99,0	49,7																																																														
heptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	-90,6	98,5																																																														
2,2-dimetilpentano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-123,8	79,2																																																														
octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>2</sub> – CH <sub>3</sub>	-56,8	125,6																																																														
2,2-dimetilhexano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-121,1	106,8																																																														
Substância	Massa molar (g/mol)	Temperatura de ebulição (°C)	Estado físico a 20 °C																																																															
CH <sub>4</sub> (metano)	16	-162	gasoso																																																															
H <sub>2</sub> O (água)	18	100	líquido																																																															
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (etanol)	46	78	líquido																																																															
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O (éter)	58	56	líquido																																																															
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> CH <sub>3</sub> (tolueno)	92	111	líquido																																																															
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> (naftaleno)	128	218	sólido																																																															








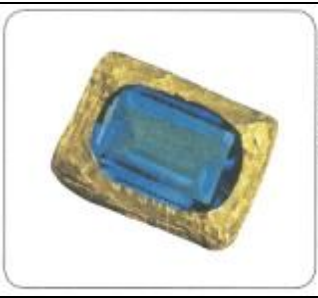




<p>Fig. 3.31</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sólido</th> <th>Comportamento sob aquecimento</th> <th>Solubilidade em água</th> <th>Solubilidade em aguarrás</th> <th>Condutividade elétrica no estado sólido</th> <th>Condutividade elétrica em solução aquosa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>cobre</td> <td>funde-se a 1 083 °C</td> <td>insolúvel</td> <td>insolúvel</td> <td>bom condutor</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>cloro de sódio</td> <td>funde-se a 801 °C</td> <td>solúvel</td> <td>insolúvel</td> <td>mau condutor</td> <td>bom condutor</td> </tr> <tr> <td>sacarose (açúcar)</td> <td>funde-se entre 185 e 186 °C</td> <td>solúvel</td> <td>insolúvel</td> <td>mau condutor</td> <td>mau condutor</td> </tr> <tr> <td>matalina</td> <td>funde-se a 80 °C</td> <td>insolúvel</td> <td>solúvel</td> <td>mau condutor</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>diamante</td> <td>convém diamante e grafite sólidos e carbono líquido - a 3 900 °C à pressão = 12,5 GPa</td> <td>insolúvel</td> <td>insolúvel</td> <td>mau condutor</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	Sólido	Comportamento sob aquecimento	Solubilidade em água	Solubilidade em aguarrás	Condutividade elétrica no estado sólido	Condutividade elétrica em solução aquosa	cobre	funde-se a 1 083 °C	insolúvel	insolúvel	bom condutor	—	cloro de sódio	funde-se a 801 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	bom condutor	sacarose (açúcar)	funde-se entre 185 e 186 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	mau condutor	matalina	funde-se a 80 °C	insolúvel	solúvel	mau condutor	—	diamante	convém diamante e grafite sólidos e carbono líquido - a 3 900 °C à pressão = 12,5 GPa	insolúvel	insolúvel	mau condutor	—	
Sólido	Comportamento sob aquecimento	Solubilidade em água	Solubilidade em aguarrás	Condutividade elétrica no estado sólido	Condutividade elétrica em solução aquosa																																	
cobre	funde-se a 1 083 °C	insolúvel	insolúvel	bom condutor	—																																	
cloro de sódio	funde-se a 801 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	bom condutor																																	
sacarose (açúcar)	funde-se entre 185 e 186 °C	solúvel	insolúvel	mau condutor	mau condutor																																	
matalina	funde-se a 80 °C	insolúvel	solúvel	mau condutor	—																																	
diamante	convém diamante e grafite sólidos e carbono líquido - a 3 900 °C à pressão = 12,5 GPa	insolúvel	insolúvel	mau condutor	—																																	
<p>Fig. 3.33</p>																																						
<p>Fig.4.1</p>																																						
<p>Fig.4.3</p>																																						
<p>Fig.4.5</p>																																						
<p>Fig.4.7</p>																																						

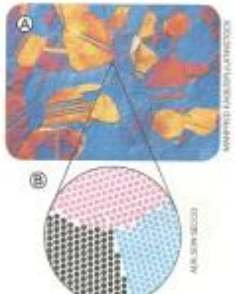



















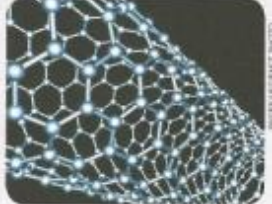

<p>Fig.4.9</p>		<p>Fig.4.10</p>
<p>Fig.4.11</p>		<p>Fig.4.12</p>
<p>Fig.4.13</p>		<p>Fig.4.14</p>
<p>Fig.4.15</p>	<p>A ELETRONEGATIVIDADE É UMA PROPRIEDADE PERIÓDICA</p>	<p>Fig.4.16</p>
<p>Fig.4.17</p>		<p>Fig.4.18</p>
<p>Fig.4.19</p>		<p>Fig.4.20</p>
<p>Fig.4.21</p>		<p>Fig.4.22</p>
<p>Fig.4.23</p>		<p>Fig.4.24</p>



Fig.4.25			Fig.4.26	
Fig.4.27			Fig.4.28	
Fig.4.29		<p>Representação dos átomos isolados <math>\text{Na} \cdot \cdot \text{Cl} \cdot \Rightarrow [\text{Na}^+] [\text{Cl}^-]</math> Representação dos íons <math>\text{Na}^+</math> e <math>\text{Cl}^-</math></p>		Fig.4.30
Fig.4.31	<p>Ca: <math>\begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix} \begin{matrix} \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \end{matrix} \begin{matrix} \text{F} \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \end{matrix}</math></p> <p><math>[\text{Ca}^{2+}]_1 [\text{F}^-]_2</math></p> <p>Composto de fórmula <math>\text{CaF}_2</math></p>	<p>Al: <math>\begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix} \begin{matrix} \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \end{matrix} \begin{matrix} \text{O} \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \end{matrix}</math></p> <p><math>[\text{Al}^{3+}]_2 [\text{O}^{2-}]_3</math></p> <p>Composto de fórmula <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math></p>	Fig.4.32	
Fig.4.33	<p><math>\text{Na} \cdot \rightarrow \cdot \text{H} \quad [\text{Na}^+]_1 [\text{H}^-]_1</math></p> <p>Composto de fórmula <math>\text{NaH}</math></p>	<p>Ca: <math>\begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix} \begin{matrix} \cdot \text{H} \\ \cdot \text{H} \end{matrix}</math></p> <p><math>[\text{Ca}^{2+}]_1 [\text{H}^-]_2</math></p> <p>Composto de fórmula <math>\text{CaH}_2</math></p>	Fig.4.34	
Fig.4.35	<p>Representação dos átomos isolados <math>\text{Cl} \cdot \cdot \text{Cl} \cdot \Rightarrow \text{Cl} \cdot \cdot \text{Cl} \cdot</math></p> <p>Representação da molécula de cloro (<math>\text{Cl}_2</math>)</p>	<p>Representação dos átomos isolados <math>\begin{matrix} \text{O} \cdot \cdot \text{S} \cdot \cdot \\ \cdot \text{O} \cdot \cdot \end{matrix} \Rightarrow \begin{matrix} \text{O} \cdot \cdot \text{S} \cdot \cdot \\ \cdot \text{O} \cdot \cdot \end{matrix}</math></p> <p>Representação da molécula de <math>\text{SO}_2</math></p>	Fig.4.36	
Fig.4.37	<p><math>\text{O}=\text{S} \downarrow \text{O}</math></p> <p>Representação usada por alguns autores para a "ligação dativa"</p> <p><math>\text{O}=\text{O} \downarrow \text{O}</math></p>	<p><math>\cdot \text{F} \cdot \cdot \text{Be} \cdot \cdot \text{F} \cdot</math></p> <p><math>\begin{matrix} \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \end{matrix} \text{B} \begin{matrix} \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \\ \cdot \cdot \end{matrix}</math></p> <p>Note que são quatro elétrons na camada de valência do berílio e seis na do boro.</p>	Fig.4.38	
Fig.4.39	<p><math>\begin{matrix} \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \end{matrix} \text{P} \begin{matrix} \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \end{matrix}</math></p> <p><math>\begin{matrix} \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \end{matrix} \text{S} \begin{matrix} \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \\ \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot &amp; \cdot \cdot \end{matrix}</math></p> <p>Note que são dez elétrons na camada de valência do fósforo e doze na do enxofre.</p>	<p><math>\cdot \text{N} \cdot \cdot \text{O} \cdot</math>    <math>\cdot \cdot \text{O} \cdot \cdot \text{N} \cdot \cdot \text{O} \cdot</math>    <math>\cdot \cdot \text{O} \cdot \cdot \text{Cl} \cdot \cdot \text{O} \cdot</math></p> <p>Note que, nestas estruturas, nitrogênio e cloro estão com um elétron desemparelhado, isto é, um elétron sem outro com o qual componha um par.</p>	Fig.4.40	
Fig.4.41	<p><math>\delta^+ \quad \delta^-</math> <math>\text{H}-\text{F}</math></p> <p>ligação covalente polar</p> <p><math>\text{H}-\text{H}</math></p> <p>ligação covalente apolar</p>	<p><math>\text{H}-\text{F} \cdot \cdot \text{H}-\text{F} \cdot \cdot</math>    <math>\text{H}-\text{O} \cdot \cdot \text{H}-\text{O} \cdot \cdot</math>    <math>\text{H}-\text{N} \cdot \cdot \text{H}-\text{N} \cdot \cdot</math></p> <p>« Representação esquemática (em traçado) das ligações de hidrogênio no fluoreto de hidrogênio (H), na água (H) e na amônia (H). Os hidrogênios destacados em azul são aqueles envolvidos nas ligações de hidrogênio representadas.</p>		Fig.4.42

<p>Fig.4.43</p>			<p>Fig.4.44</p>
<p>Fig.4.45</p>			<p>Fig.4.46</p>
<p>Fig.4.47</p>			<p>Fig.4.48</p>
<p>Fig.4.49</p>			<p>Fig.4.50</p>
<p>Fig.4.51</p>			<p>Fig.4.52</p>
<p>Fig.4.52</p>			<p>Fig.4.54</p>

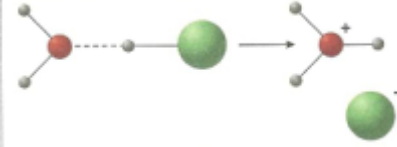
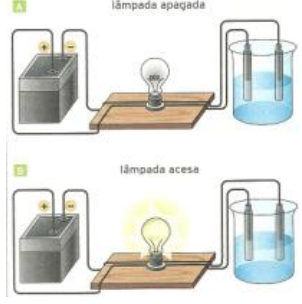
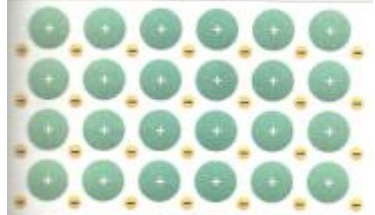
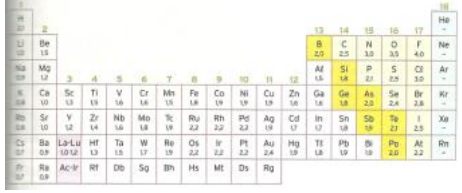
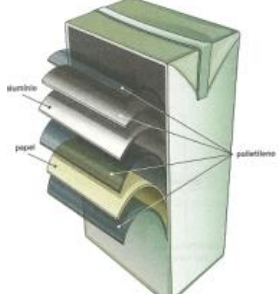
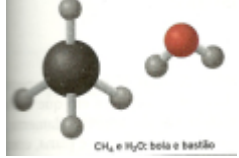



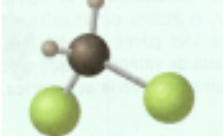
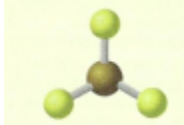
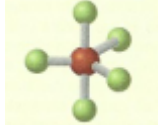


<p>Fig.4.55</p>		
<p>Fig.4.57</p>	 <p>▲ Sino de bronze.</p>	
<p>Fig.4.59</p>		
<p>Fig.4.61</p>	 <p>▲ Cristais de enxofre rómbico. Cristais com cerca de 0,5 cm.</p> <p>▲ Modelo de uma molécula de enxofre <math>S_8</math> que está presente tanto nos cristais de enxofre rómbico quanto nos de enxofre monoclinico.</p> <p>▲ Cristais de enxofre monoclinico. A rocha da foto tem cerca de 8 cm.</p>	
<p>Fig.4.63</p>		
<p>Fig.4.65</p>		

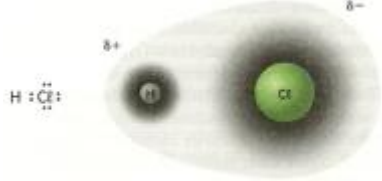
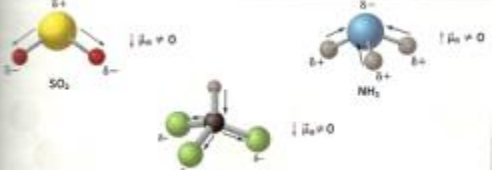
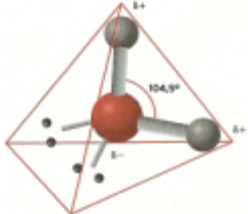

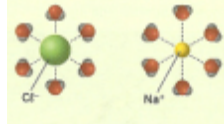
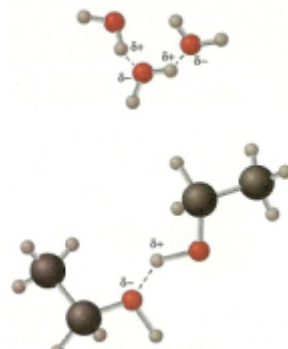
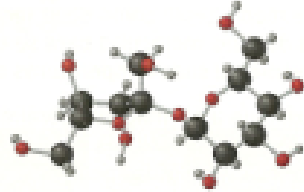
<p>Fig.4.67</p>		<p>Fig.4.68</p> 																																																																																																																																																															
<p>Fig.4.69</p>		<p>Fig.4.70</p> 																																																																																																																																																															
<p>Fig.4.71</p>		<p>Fig.4.72</p> 																																																																																																																																																															
<p>Fig.4.73</p>		<p>Fig.4.74</p> 																																																																																																																																																															
<p>Fig.4.75</p>	<p><b>TABELA 1</b> Propriedades de algumas substâncias químicas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Fórmula que representa a substância</th> <th>Ponto de fusão (°C)</th> <th colspan="2">Conduz corrente elétrica no estado sólido? estado líquido?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5"><b>Substâncias iônicas</b></td> </tr> <tr> <td>Cloreto de lítio</td> <td>LiCl</td> <td>610</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Brometo de potássio</td> <td>KBr</td> <td>734</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Cloreto de cálcio</td> <td>CaCl<sub>2</sub></td> <td>773</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Cloreto de sódio</td> <td>NaCl</td> <td>801</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Oxido de alumínio</td> <td>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></td> <td>2.053</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Oxido de magnésio</td> <td>MgO</td> <td>2.825</td> <td>Não</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>Substâncias moleculares</b></td> </tr> <tr> <td>Etilanol</td> <td>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O</td> <td>-114</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>Cloro</td> <td>Cl<sub>2</sub></td> <td>-35</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>Água</td> <td>H<sub>2</sub>O</td> <td>0</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>Nitrateno</td> <td>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub></td> <td>80</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>Iodo</td> <td>I<sub>2</sub></td> <td>114</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td>Glicose</td> <td>C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub></td> <td>156</td> <td>Não</td> <td>Não</td> </tr> <tr> <td colspan="5"><b>Substâncias metálicas</b></td> </tr> <tr> <td>Alumínio</td> <td>Al</td> <td>960</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Prata</td> <td>Ag</td> <td>962</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Ouro</td> <td>Au</td> <td>1.064</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>Cu</td> <td>1.085</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Ferro</td> <td>Fe</td> <td>1.538</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> </tr> <tr> <td>Platina</td> <td>Pt</td> <td>1.768</td> <td>Sim</td> <td>Sim</td> </tr> </tbody> </table>	Substância	Fórmula que representa a substância	Ponto de fusão (°C)	Conduz corrente elétrica no estado sólido? estado líquido?		<b>Substâncias iônicas</b>					Cloreto de lítio	LiCl	610	Não	Sim	Brometo de potássio	KBr	734	Não	Sim	Cloreto de cálcio	CaCl <sub>2</sub>	773	Não	Sim	Cloreto de sódio	NaCl	801	Não	Sim	Oxido de alumínio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.053	Não	Sim	Oxido de magnésio	MgO	2.825	Não	Sim	<b>Substâncias moleculares</b>					Etilanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O	-114	Não	Não	Cloro	Cl <sub>2</sub>	-35	Não	Não	Água	H <sub>2</sub> O	0	Não	Não	Nitrateno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	80	Não	Não	Iodo	I <sub>2</sub>	114	Não	Não	Glicose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	156	Não	Não	<b>Substâncias metálicas</b>					Alumínio	Al	960	Sim	Sim	Prata	Ag	962	Sim	Sim	Ouro	Au	1.064	Sim	Sim	Cobre	Cu	1.085	Sim	Sim	Ferro	Fe	1.538	Sim	Sim	Platina	Pt	1.768	Sim	Sim	<p><b>TABELA 2</b> Distribuição eletrônica dos gases nobres</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gás nobre</th> <th>K</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>N</th> <th>O</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hélio</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Neônio</td> <td>2</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Argônio</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Criptônio</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>18</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Xenônio</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rádônio</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>18</td> <td>32</td> <td>18</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	Gás nobre	K	L	M	N	O	P	Hélio	2						Neônio	2	8					Argônio	2	8	8				Criptônio	2	8	18	8			Xenônio	2	8	18	18	8		Rádônio	2	8	18	32	18	8
Substância	Fórmula que representa a substância	Ponto de fusão (°C)	Conduz corrente elétrica no estado sólido? estado líquido?																																																																																																																																																														
<b>Substâncias iônicas</b>																																																																																																																																																																	
Cloreto de lítio	LiCl	610	Não	Sim																																																																																																																																																													
Brometo de potássio	KBr	734	Não	Sim																																																																																																																																																													
Cloreto de cálcio	CaCl <sub>2</sub>	773	Não	Sim																																																																																																																																																													
Cloreto de sódio	NaCl	801	Não	Sim																																																																																																																																																													
Oxido de alumínio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.053	Não	Sim																																																																																																																																																													
Oxido de magnésio	MgO	2.825	Não	Sim																																																																																																																																																													
<b>Substâncias moleculares</b>																																																																																																																																																																	
Etilanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O	-114	Não	Não																																																																																																																																																													
Cloro	Cl <sub>2</sub>	-35	Não	Não																																																																																																																																																													
Água	H <sub>2</sub> O	0	Não	Não																																																																																																																																																													
Nitrateno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	80	Não	Não																																																																																																																																																													
Iodo	I <sub>2</sub>	114	Não	Não																																																																																																																																																													
Glicose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	156	Não	Não																																																																																																																																																													
<b>Substâncias metálicas</b>																																																																																																																																																																	
Alumínio	Al	960	Sim	Sim																																																																																																																																																													
Prata	Ag	962	Sim	Sim																																																																																																																																																													
Ouro	Au	1.064	Sim	Sim																																																																																																																																																													
Cobre	Cu	1.085	Sim	Sim																																																																																																																																																													
Ferro	Fe	1.538	Sim	Sim																																																																																																																																																													
Platina	Pt	1.768	Sim	Sim																																																																																																																																																													
Gás nobre	K	L	M	N	O	P																																																																																																																																																											
Hélio	2																																																																																																																																																																
Neônio	2	8																																																																																																																																																															
Argônio	2	8	8																																																																																																																																																														
Criptônio	2	8	18	8																																																																																																																																																													
Xenônio	2	8	18	18	8																																																																																																																																																												
Rádônio	2	8	18	32	18	8																																																																																																																																																											



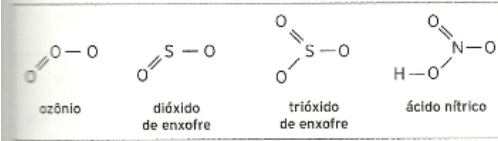






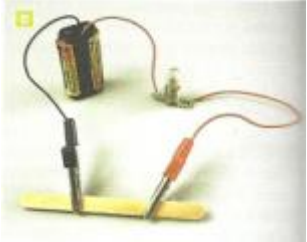




<p>Fig.4.77</p>	<p><b>TABELA 3</b> Outros exemplos de substâncias em que há ligações do tipo covalente</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Elemento(s)</th> <th>Fórmula de Lewis</th> <th>Fórmula estrutural</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fúosor</td> <td><math>\text{F} \cdot \cdot \text{F} \cdot</math></td> <td>F—F</td> </tr> <tr> <td>Bromo</td> <td><math>\text{Br} \cdot \cdot \text{Br} \cdot</math></td> <td>Br—Br</td> </tr> <tr> <td>Iodo</td> <td><math>\text{I} \cdot \cdot \text{I} \cdot</math></td> <td>I—I</td> </tr> <tr> <td>Carbono e oxigênio</td> <td><math>\text{O}=\text{C}=\text{O}</math></td> <td>O=C=O</td> </tr> <tr> <td>Oxigênio e hidrogênio</td> <td><math>\text{H}-\text{O}-\text{H}</math></td> <td>H—O—H</td> </tr> <tr> <td>Nitrogênio e hidrogênio</td> <td><math>\text{H}-\text{N}-\text{H}</math></td> <td>H—N—H</td> </tr> <tr> <td>Carbono e hidrogênio</td> <td><math>\text{H}-\text{C}-\text{H}</math></td> <td>H—C—H</td> </tr> <tr> <td>Carbono e cloro</td> <td><math>\text{Cl}-\text{C}-\text{Cl}</math></td> <td>Cl—C—Cl</td> </tr> </tbody> </table>	Elemento(s)	Fórmula de Lewis	Fórmula estrutural	Fúosor	$\text{F} \cdot \cdot \text{F} \cdot$	F—F	Bromo	$\text{Br} \cdot \cdot \text{Br} \cdot$	Br—Br	Iodo	$\text{I} \cdot \cdot \text{I} \cdot$	I—I	Carbono e oxigênio	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	O=C=O	Oxigênio e hidrogênio	$\text{H}-\text{O}-\text{H}$	H—O—H	Nitrogênio e hidrogênio	$\text{H}-\text{N}-\text{H}$	H—N—H	Carbono e hidrogênio	$\text{H}-\text{C}-\text{H}$	H—C—H	Carbono e cloro	$\text{Cl}-\text{C}-\text{Cl}$	Cl—C—Cl	<p>Fig.4.78</p>					
Elemento(s)	Fórmula de Lewis	Fórmula estrutural																																
Fúosor	$\text{F} \cdot \cdot \text{F} \cdot$	F—F																																
Bromo	$\text{Br} \cdot \cdot \text{Br} \cdot$	Br—Br																																
Iodo	$\text{I} \cdot \cdot \text{I} \cdot$	I—I																																
Carbono e oxigênio	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$	O=C=O																																
Oxigênio e hidrogênio	$\text{H}-\text{O}-\text{H}$	H—O—H																																
Nitrogênio e hidrogênio	$\text{H}-\text{N}-\text{H}$	H—N—H																																
Carbono e hidrogênio	$\text{H}-\text{C}-\text{H}$	H—C—H																																
Carbono e cloro	$\text{Cl}-\text{C}-\text{Cl}$	Cl—C—Cl																																
<p>Fig.4.79</p>	<p><b>TABELA 4</b> Principais propriedades das substâncias estudadas neste capítulo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Pontos de fusão e de ebulição geralmente</th> <th>Estado físico nas condições ambientes</th> <th>Condaz corrente elétrica no: estado sólido? estado líquido?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Iônica</td> <td>Altos</td> <td>Sólido</td> <td>Não Sim</td> </tr> <tr> <td>Molecular</td> <td>Baixos</td> <td>Sólido, líquido ou gasoso</td> <td>Não Não</td> </tr> <tr> <td>Metálica</td> <td>Altos</td> <td>Sólido*</td> <td>Sim Sim</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Exceção notável é o mercúrio (Hg), que é líquido.</p>	Substância	Pontos de fusão e de ebulição geralmente	Estado físico nas condições ambientes	Condaz corrente elétrica no: estado sólido? estado líquido?	Iônica	Altos	Sólido	Não Sim	Molecular	Baixos	Sólido, líquido ou gasoso	Não Não	Metálica	Altos	Sólido*	Sim Sim	<p>Fig.4.80</p>																
Substância	Pontos de fusão e de ebulição geralmente	Estado físico nas condições ambientes	Condaz corrente elétrica no: estado sólido? estado líquido?																															
Iônica	Altos	Sólido	Não Sim																															
Molecular	Baixos	Sólido, líquido ou gasoso	Não Não																															
Metálica	Altos	Sólido*	Sim Sim																															
<p>Fig.4.81</p>	<p><b>TABELA 2</b> Exemplos de moléculas apolares e de moléculas polares</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Exemplo</th> <th>Geometria</th> <th>Momento dipolar resultante</th> <th>Molécula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H<sub>2</sub> (gás hidrogênio)</td> <td>H—H Linear</td> <td><math>\mu_{\text{res}} = 0</math></td> <td>Apolar</td> </tr> <tr> <td>HF (gás fluorídrico)</td> <td>H—F Linear</td> <td><math>\mu_{\text{res}} = \mu</math></td> <td>Polar</td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub> (gás carbônico)</td> <td>O=C=O Linear</td> <td><math>\mu_{\text{res}} = 0</math> Vetores se cancelam</td> <td>Apolar</td> </tr> <tr> <td>HCN (gás cianídrico)</td> <td>H—C≡N Linear</td> <td><math>\mu_{\text{res}} = \mu</math> Vetores não se cancelam</td> <td>Polar</td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub>O (água)</td> <td>Angular</td> <td><math>\mu_{\text{res}} = \mu</math> Vetores não se cancelam</td> <td>Polar</td> </tr> <tr> <td>NH<sub>3</sub> (amônia)</td> <td>Planar</td> <td><math>\mu_{\text{res}} = \mu</math> Vetores não se cancelam</td> <td>Polar</td> </tr> <tr> <td>CH<sub>4</sub> (metano)</td> <td>Tetraédrica</td> <td><math>\mu_{\text{res}} = 0</math> Vetores se cancelam</td> <td>Apolar</td> </tr> </tbody> </table>	Exemplo	Geometria	Momento dipolar resultante	Molécula	H <sub>2</sub> (gás hidrogênio)	H—H Linear	$\mu_{\text{res}} = 0$	Apolar	HF (gás fluorídrico)	H—F Linear	$\mu_{\text{res}} = \mu$	Polar	CO <sub>2</sub> (gás carbônico)	O=C=O Linear	$\mu_{\text{res}} = 0$ Vetores se cancelam	Apolar	HCN (gás cianídrico)	H—C≡N Linear	$\mu_{\text{res}} = \mu$ Vetores não se cancelam	Polar	H <sub>2</sub> O (água)	Angular	$\mu_{\text{res}} = \mu$ Vetores não se cancelam	Polar	NH <sub>3</sub> (amônia)	Planar	$\mu_{\text{res}} = \mu$ Vetores não se cancelam	Polar	CH <sub>4</sub> (metano)	Tetraédrica	$\mu_{\text{res}} = 0$ Vetores se cancelam	Apolar	<p>Fig.4.82</p> <p>Representação dos átomos isolados: H, H → H<sub>2</sub> (representação da molécula de hidrogênio (H<sub>2</sub>))</p> <p>Representação dos átomos isolados: O, O → O<sub>2</sub> (representação da molécula de oxigênio (O<sub>2</sub>))</p> <p>Representação dos átomos isolados: N, N → N<sub>2</sub> (representação da molécula de nitrogênio (N<sub>2</sub>))</p>
Exemplo	Geometria	Momento dipolar resultante	Molécula																															
H <sub>2</sub> (gás hidrogênio)	H—H Linear	$\mu_{\text{res}} = 0$	Apolar																															
HF (gás fluorídrico)	H—F Linear	$\mu_{\text{res}} = \mu$	Polar																															
CO <sub>2</sub> (gás carbônico)	O=C=O Linear	$\mu_{\text{res}} = 0$ Vetores se cancelam	Apolar																															
HCN (gás cianídrico)	H—C≡N Linear	$\mu_{\text{res}} = \mu$ Vetores não se cancelam	Polar																															
H <sub>2</sub> O (água)	Angular	$\mu_{\text{res}} = \mu$ Vetores não se cancelam	Polar																															
NH <sub>3</sub> (amônia)	Planar	$\mu_{\text{res}} = \mu$ Vetores não se cancelam	Polar																															
CH <sub>4</sub> (metano)	Tetraédrica	$\mu_{\text{res}} = 0$ Vetores se cancelam	Apolar																															
<p>Fig.4.83</p>	<p>Fórmula molecular: H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub></p> <p>Fórmula eletrônica: H:H, :O::O:, :N::N:, :Cl:Cl:</p> <p>Fórmula estrutural: H—H, O=O, N≡N, Cl—Cl</p>	<p>Fig.4.84</p> <p>Fórmula molecular: SO<sub>2</sub></p> <p>Fórmula eletrônica: :O::S::O:</p> <p>Fórmula estrutural: O=S=O</p>																																
<p>Fig.4.85</p>	<p>Cl—Be—Cl: 2 átomos Cl, nenhum par de e<sup>-</sup> não compartilhado → simetria ao redor do Be ⇒ molécula apolar</p> <p>O=C=O: 2 átomos O, nenhum par de e<sup>-</sup> não compartilhado → simetria ao redor do C ⇒ molécula apolar</p> <p>F<sub>2</sub>: 3 átomos F, nenhum par de e<sup>-</sup> não compartilhado → simetria ao redor do B ⇒ molécula apolar</p> <p>CH<sub>4</sub>: 4 átomos H, nenhum par de e<sup>-</sup> não compartilhado → simetria ao redor do C ⇒ molécula apolar</p> <p>CCl<sub>4</sub>: 4 átomos Cl, nenhum par de e<sup>-</sup> não compartilhado → simetria ao redor do C ⇒ molécula apolar</p>	<p>Fig.4.86</p> <p>H—C≡N: 1 átomo H, 1 átomo N → assimetria ao redor do C ⇒ molécula polar</p> <p>BF<sub>3</sub>: 1 átomo B, 3 átomos F → assimetria ao redor do B ⇒ molécula polar</p> <p>NH<sub>3</sub>: 3 átomos H, 1 par de e<sup>-</sup> não compartilhado → assimetria ao redor do N ⇒ molécula polar</p> <p>H<sub>2</sub>O: 2 átomos H, 2 pares de e<sup>-</sup> não compartilhados → assimetria ao redor do O ⇒ molécula polar</p> <p>CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>: 2 átomos H, 2 átomos Cl → assimetria ao redor do C ⇒ molécula polar</p>																																


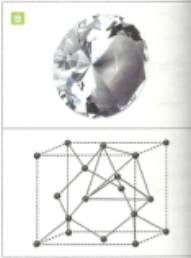



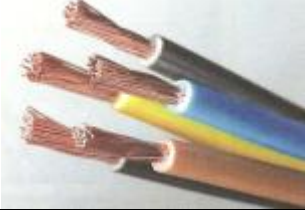



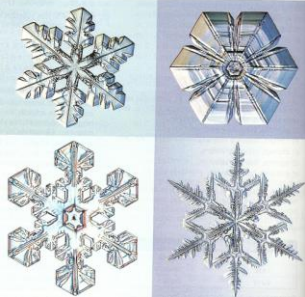


<p>Fig.5.1</p>	<p>Cloreto de cálcio Cl<sup>-</sup> Ca<sup>2+</sup></p> <p>Cloreto de sódio Cl<sup>-</sup> Na<sup>+</sup></p> <p>Fluoreto de cálcio F<sup>-</sup> Ca<sup>2+</sup></p> <p>Sulfeto de zinco S<sup>2-</sup> Zn<sup>2+</sup></p>	<p>Fig.5.2</p>
<p>Fig.5.3</p>	<p>sal Cl<sup>-</sup> Na<sup>+</sup></p> <p>água</p> <p>aglomerado iônico</p>	<p>Fig.5.4</p>
<p>Fig.5.5</p>		<p>Fig.5.6</p>
<p>Fig.5.7</p>		<p>Fig.5.8</p>
<p>Fig.5.9</p>		<p>Fig.5.10</p>
<p>Fig.5.11</p>		<p>molécula de água</p> <p>molécula de sacarose</p> <p>água</p> <p>sacarose (açúcar)</p> <p>Fig.5.12</p>



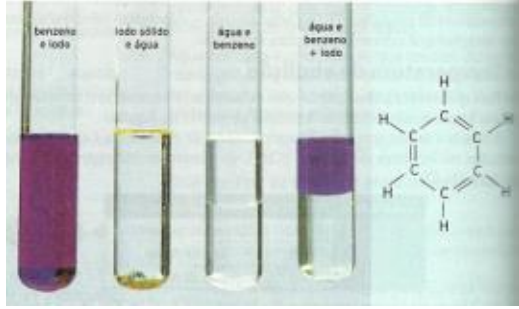

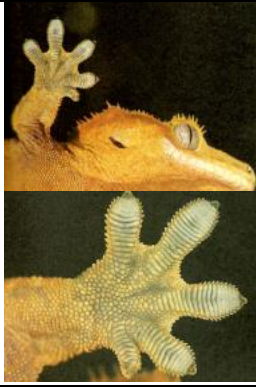
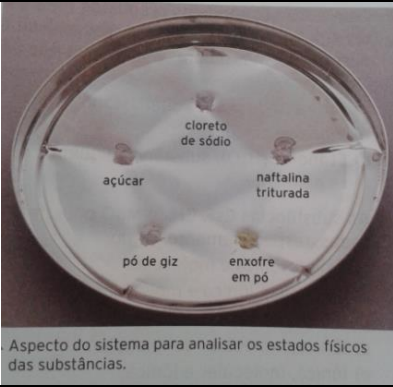
<p>Fig.5.13</p>		<p>Fig.5.14</p> 
<p>Fig.5.15</p>		<p>Fig.5.16</p> 
<p>Fig.5.17</p>		<p>Fig.5.18</p> 
<p>Fig.5.19</p>		<p>Fig.5.20</p> 
<p>Fig.5.21</p>		<p>Fig.5.22</p> 
<p>Fig.5.23</p>		<p>Fig.5.24</p> 
<p>Fig.5.25</p>		<p>Fig.5.26</p> 

<p>Fig.5.27</p>	 <p>A diagram showing a molecule with a central green sphere labeled 'C' and a smaller black sphere labeled 'H'. The carbon atom has a partial negative charge (<math>\delta^-</math>) and the hydrogen atom has a partial positive charge (<math>\delta^+</math>). The molecule is shown with a dipole moment arrow pointing from H to C.</p>	<p>Fig.5.28</p>
<p>Fig.5.29</p>	 <p>Diagrams of three polar molecules: <math>\text{SO}_2</math> (bent shape), <math>\text{NH}_3</math> (trigonal pyramidal shape), and <math>\text{CHCl}_3</math> (tetrahedral shape). Each molecule has a dipole moment arrow pointing from the positive to the negative end.</p>	<p>Fig.5.30</p>
<p>Fig.5.31</p>	 <p>A diagram of a tetrahedral molecule with a central red sphere and four grey spheres. The bond angle between two grey spheres is labeled as <math>104.9^\circ</math>.</p>	<p>Fig.5.32</p>
<p>Fig.5.33</p>	 <p>A diagram of a microwave oven with labels: "difusor micro-ondas", "guia de ondas", "magnetron", "ânodo", and "cátodo". Below the oven are three wave diagrams representing microwaves.</p>	<p>Fig.5.34</p>
<p>Fig.5.35</p>	 <p>Diagrams showing a chloride ion (<math>\text{Cl}^-</math>) and a sodium ion (<math>\text{Na}^+</math>) surrounded by water molecules. The water molecules are oriented with their oxygen atoms towards the negative ion and their hydrogen atoms towards the positive ion.</p>	<p>Fig.5.36</p>
<p>Fig.5.37</p>	 <p>A diagram showing several water molecules with dashed lines representing hydrogen bonds between the oxygen of one molecule and the hydrogen of another.</p>	<p>Fig.5.38</p>
<p>Fig.5.39</p>	 <p>A diagram showing a long chain of water molecules with dashed lines representing hydrogen bonds between adjacent molecules.</p>	<p>Fig.5.40</p>



<p>Fig.5.41</p>	 <p>ozônio      dióxido de enxofre      trióxido de enxofre      ácido nítrico</p>	 <p><math>\delta+</math>   <math>\delta-</math> H — Cl <math>\mu</math> <math>\mu_R = \mu</math></p>
<p>Fig.5.43</p>		
<p>Fig.5.45</p>		
<p>Fig.5.47</p>		
<p>Fig.5.49</p>		
<p>Fig.5.51</p>		

<p>Fig.5.53</p>			<p>Fig.5.34</p>
<p>Fig.5.55</p>			<p>Fig.5.56</p>
<p>Fig.5.57</p>			<p>Fig.5.58</p>
<p>Fig.5.59</p>			<p>Fig.5.60</p>
<p>Fig.5.61</p>			<p>Fig.5.62</p>
<p>Fig.5.63</p>			<p>Fig.5.64</p>

<p>Fig.5.65</p>			<p>Fig.5.66</p>																																																																																																																																																						
<p>Fig.5.67</p>			<p>Fig.5.68</p>																																																																																																																																																						
<p>Fig.5.69</p>		 <p>Aspecto do sistema para analisar os estados físicos das substâncias.</p>	<p>Fig.5.70</p>																																																																																																																																																						
<p>Fig.5.71</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Distribuição eletrônica dos gases nobres</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Z</th> <th rowspan="2">Símbolo</th> <th colspan="6">Distribuição dos elétrons por camada</th> </tr> <tr> <th>1ª</th> <th>2ª</th> <th>3ª</th> <th>4ª</th> <th>5ª</th> <th>6ª</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>He</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Ne</td> <td>2</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>Ar</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>Kr</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>18</td> <td>8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>Xe</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>86</td> <td>Rn</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>18</td> <td>32</td> <td>18</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	Distribuição eletrônica dos gases nobres								Z	Símbolo	Distribuição dos elétrons por camada						1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	2	He	2						10	Ne	2	8					18	Ar	2	8	8				36	Kr	2	8	18	8			54	Xe	2	8	18	18	8		86	Rn	2	8	18	32	18	8	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Propriedades específicas das matérias</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Substância</th> <th rowspan="2">Fórmula</th> <th rowspan="2">T<sub>m</sub> (°C)</th> <th rowspan="2">T<sub>e</sub> (°C)</th> <th colspan="2">Condutividade elétrica</th> </tr> <tr> <th>Sólido</th> <th>Líquido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ouro</td> <td>Au</td> <td>1064</td> <td>3080</td> <td>Bom condutor</td> <td>Bom condutor</td> </tr> <tr> <td>Ferro</td> <td>Fe</td> <td>1535</td> <td>2750</td> <td>Bom condutor</td> <td>Bom condutor</td> </tr> <tr> <td>Alumínio</td> <td>Al</td> <td>940</td> <td>2467</td> <td>Bom condutor</td> <td>Bom condutor</td> </tr> <tr> <td>Mercúrio</td> <td>Hg</td> <td>-39</td> <td>357</td> <td>Bom condutor</td> <td>Bom condutor</td> </tr> <tr> <td>Clorato de sódio</td> <td>NaClO<sub>3</sub></td> <td>801</td> <td>1413</td> <td>Mau condutor</td> <td>Mau condutor</td> </tr> <tr> <td>Óxido de cálcio</td> <td>CaO</td> <td>2580</td> <td>2850</td> <td>Mau condutor</td> <td>Bom condutor</td> </tr> <tr> <td>Fluoreto de alumínio</td> <td>AlF<sub>3</sub></td> <td>1040</td> <td>1291</td> <td>Mau condutor</td> <td>Bom condutor</td> </tr> <tr> <td>Sacarina</td> <td>C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub></td> <td>69</td> <td>47</td> <td>Mau condutor</td> <td>Mau condutor</td> </tr> <tr> <td>Etanol</td> <td>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH</td> <td>-117</td> <td>78</td> <td>Mau condutor</td> <td>Mau condutor</td> </tr> <tr> <td>Acetona</td> <td>C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O</td> <td>-95</td> <td>56</td> <td>Mau condutor</td> <td>Mau condutor</td> </tr> <tr> <td>Acetileno</td> <td>C<sub>2</sub>H<sub>2</sub></td> <td>-81</td> <td>-75</td> <td>Mau condutor</td> <td>Mau condutor</td> </tr> </tbody> </table>	Propriedades específicas das matérias						Substância	Fórmula	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>e</sub> (°C)	Condutividade elétrica		Sólido	Líquido	Ouro	Au	1064	3080	Bom condutor	Bom condutor	Ferro	Fe	1535	2750	Bom condutor	Bom condutor	Alumínio	Al	940	2467	Bom condutor	Bom condutor	Mercúrio	Hg	-39	357	Bom condutor	Bom condutor	Clorato de sódio	NaClO <sub>3</sub>	801	1413	Mau condutor	Mau condutor	Óxido de cálcio	CaO	2580	2850	Mau condutor	Bom condutor	Fluoreto de alumínio	AlF <sub>3</sub>	1040	1291	Mau condutor	Bom condutor	Sacarina	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	69	47	Mau condutor	Mau condutor	Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	-117	78	Mau condutor	Mau condutor	Acetona	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	-95	56	Mau condutor	Mau condutor	Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	-81	-75	Mau condutor	Mau condutor	<p>Fig.5.72</p>
Distribuição eletrônica dos gases nobres																																																																																																																																																									
Z	Símbolo	Distribuição dos elétrons por camada																																																																																																																																																							
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª																																																																																																																																																		
2	He	2																																																																																																																																																							
10	Ne	2	8																																																																																																																																																						
18	Ar	2	8	8																																																																																																																																																					
36	Kr	2	8	18	8																																																																																																																																																				
54	Xe	2	8	18	18	8																																																																																																																																																			
86	Rn	2	8	18	32	18	8																																																																																																																																																		
Propriedades específicas das matérias																																																																																																																																																									
Substância	Fórmula	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>e</sub> (°C)	Condutividade elétrica																																																																																																																																																					
				Sólido	Líquido																																																																																																																																																				
Ouro	Au	1064	3080	Bom condutor	Bom condutor																																																																																																																																																				
Ferro	Fe	1535	2750	Bom condutor	Bom condutor																																																																																																																																																				
Alumínio	Al	940	2467	Bom condutor	Bom condutor																																																																																																																																																				
Mercúrio	Hg	-39	357	Bom condutor	Bom condutor																																																																																																																																																				
Clorato de sódio	NaClO <sub>3</sub>	801	1413	Mau condutor	Mau condutor																																																																																																																																																				
Óxido de cálcio	CaO	2580	2850	Mau condutor	Bom condutor																																																																																																																																																				
Fluoreto de alumínio	AlF <sub>3</sub>	1040	1291	Mau condutor	Bom condutor																																																																																																																																																				
Sacarina	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	69	47	Mau condutor	Mau condutor																																																																																																																																																				
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	-117	78	Mau condutor	Mau condutor																																																																																																																																																				
Acetona	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	-95	56	Mau condutor	Mau condutor																																																																																																																																																				
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	-81	-75	Mau condutor	Mau condutor																																																																																																																																																				
<p>Fig.5.73</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Alguns íons poliatômicos</th> </tr> <tr> <th>Nome</th> <th>Fórmula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Amônio</td> <td>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></td> </tr> <tr> <td>Acetato ou etanoato</td> <td>CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub><sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Cianeto</td> <td>CN<sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Permanganato</td> <td>MnO<sub>4</sub><sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Cromato</td> <td>CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup></td> </tr> <tr> <td>Perclorato</td> <td>ClO<sub>4</sub><sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Clorato</td> <td>ClO<sub>3</sub><sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Clorito</td> <td>ClO<sub>2</sub><sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Carbonato</td> <td>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></td> </tr> <tr> <td>Hidrogenocarbonato (bicarbonato)</td> <td>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Nitrato</td> <td>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Nitrito</td> <td>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Hidróxido</td> <td>OH<sup>-</sup></td> </tr> <tr> <td>Sulfato</td> <td>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></td> </tr> <tr> <td>Sulfito</td> <td>SO<sub>3</sub><sup>2-</sup></td> </tr> <tr> <td>Fosfato</td> <td>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Alguns íons poliatômicos		Nome	Fórmula	Amônio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Acetato ou etanoato	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Cianeto	CN <sup>-</sup>	Permanganato	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cromato	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Perclorato	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Clorato	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Clorito	ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Carbonato	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Hidrogenocarbonato (bicarbonato)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrito	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Hidróxido	OH <sup>-</sup>	Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfito	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Fosfato	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Grupo</th> <th>Número de elétrons na camada de valência</th> <th>Fórmulas dos hidretos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>4 elétrons</td> <td>CH<sub>4</sub>, SiH<sub>4</sub></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>5 elétrons</td> <td>NH<sub>3</sub>, PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, SbH<sub>3</sub></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>6 elétrons</td> <td>H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>Se, H<sub>2</sub>Te</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>7 elétrons</td> <td>HF, HCl, HBr, HI</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>8 elétrons (2 elétrons no caso do hélio)</td> <td>Não se combinam com o hidrogênio</td> </tr> </tbody> </table>	Grupo	Número de elétrons na camada de valência	Fórmulas dos hidretos	14	4 elétrons	CH <sub>4</sub> , SiH <sub>4</sub>	15	5 elétrons	NH <sub>3</sub> , PH <sub>3</sub> , AsH <sub>3</sub> , SbH <sub>3</sub>	16	6 elétrons	H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> Se, H <sub>2</sub> Te	17	7 elétrons	HF, HCl, HBr, HI	18	8 elétrons (2 elétrons no caso do hélio)	Não se combinam com o hidrogênio	<p>Fig.5.74</p>																																																																																																
Alguns íons poliatômicos																																																																																																																																																									
Nome	Fórmula																																																																																																																																																								
Amônio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>																																																																																																																																																								
Acetato ou etanoato	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Cianeto	CN <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Permanganato	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Cromato	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>																																																																																																																																																								
Perclorato	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Clorato	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Clorito	ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Carbonato	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>																																																																																																																																																								
Hidrogenocarbonato (bicarbonato)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Nitrito	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Hidróxido	OH <sup>-</sup>																																																																																																																																																								
Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>																																																																																																																																																								
Sulfito	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>																																																																																																																																																								
Fosfato	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>																																																																																																																																																								
Grupo	Número de elétrons na camada de valência	Fórmulas dos hidretos																																																																																																																																																							
14	4 elétrons	CH <sub>4</sub> , SiH <sub>4</sub>																																																																																																																																																							
15	5 elétrons	NH <sub>3</sub> , PH <sub>3</sub> , AsH <sub>3</sub> , SbH <sub>3</sub>																																																																																																																																																							
16	6 elétrons	H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> Se, H <sub>2</sub> Te																																																																																																																																																							
17	7 elétrons	HF, HCl, HBr, HI																																																																																																																																																							
18	8 elétrons (2 elétrons no caso do hélio)	Não se combinam com o hidrogênio																																																																																																																																																							
<p>Fig.5.75</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Representação de Lewis</th> <th colspan="4">Famílias</th> </tr> <tr> <th>1A</th> <th>2A</th> <th>3A</th> <th>4A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ligações envolvendo um elétron de cada átomo</td> <td>••</td> <td>••••</td> <td>•••••</td> <td>••••••</td> </tr> <tr> <td>Paras de elétrons disponíveis para fazer ligações dobles</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Número de ligações de acordo com o modelo do octeto</td> <td>4</td> <td>3 ou 4</td> <td>2, 3 ou 4</td> <td>1, 2, 3 ou 4</td> </tr> </tbody> </table>	Representação de Lewis	Famílias				1A	2A	3A	4A	ligações envolvendo um elétron de cada átomo	••	••••	•••••	••••••	Paras de elétrons disponíveis para fazer ligações dobles	0	1	2	3	Número de ligações de acordo com o modelo do octeto	4	3 ou 4	2, 3 ou 4	1, 2, 3 ou 4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Liga</th> <th>Composição (porcentagem em massa)</th> <th>Aplicação</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bronze</td> <td>67% Cu e 33% Sn</td> <td>Sinos, moedas, estátuas</td> </tr> <tr> <td>Aço inoxidável</td> <td>80% Fe; 0,5% C; 18% Cr; 1,5% Ni</td> <td>Painéis, tubulações</td> </tr> <tr> <td>Metal branco</td> <td>50% Bi; 27% Pb; 13% Sn; 10% Cd</td> <td>Fusíveis</td> </tr> <tr> <td>Latão</td> <td>95 a 55% Cu e 5 a 45% Zn</td> <td>Pecas de máquinas, instrumentos de sopro</td> </tr> <tr> <td>Prata de lei</td> <td>95% Ag e 5% Cu</td> <td>Jóias e bijuterias</td> </tr> <tr> <td>Amálgama odontológica</td> <td>70% Ag; 18% Sn; 10% Cu; 2% Hg</td> <td>Obturações dentárias</td> </tr> </tbody> </table>	Liga	Composição (porcentagem em massa)	Aplicação	Bronze	67% Cu e 33% Sn	Sinos, moedas, estátuas	Aço inoxidável	80% Fe; 0,5% C; 18% Cr; 1,5% Ni	Painéis, tubulações	Metal branco	50% Bi; 27% Pb; 13% Sn; 10% Cd	Fusíveis	Latão	95 a 55% Cu e 5 a 45% Zn	Pecas de máquinas, instrumentos de sopro	Prata de lei	95% Ag e 5% Cu	Jóias e bijuterias	Amálgama odontológica	70% Ag; 18% Sn; 10% Cu; 2% Hg	Obturações dentárias	<p>Fig.5.76</p>																																																																																																									
Representação de Lewis	Famílias																																																																																																																																																								
	1A	2A	3A	4A																																																																																																																																																					
ligações envolvendo um elétron de cada átomo	••	••••	•••••	••••••																																																																																																																																																					
Paras de elétrons disponíveis para fazer ligações dobles	0	1	2	3																																																																																																																																																					
Número de ligações de acordo com o modelo do octeto	4	3 ou 4	2, 3 ou 4	1, 2, 3 ou 4																																																																																																																																																					
Liga	Composição (porcentagem em massa)	Aplicação																																																																																																																																																							
Bronze	67% Cu e 33% Sn	Sinos, moedas, estátuas																																																																																																																																																							
Aço inoxidável	80% Fe; 0,5% C; 18% Cr; 1,5% Ni	Painéis, tubulações																																																																																																																																																							
Metal branco	50% Bi; 27% Pb; 13% Sn; 10% Cd	Fusíveis																																																																																																																																																							
Latão	95 a 55% Cu e 5 a 45% Zn	Pecas de máquinas, instrumentos de sopro																																																																																																																																																							
Prata de lei	95% Ag e 5% Cu	Jóias e bijuterias																																																																																																																																																							
Amálgama odontológica	70% Ag; 18% Sn; 10% Cu; 2% Hg	Obturações dentárias																																																																																																																																																							

<p>Fig.5.77</p>	<p><b>Aplicação do modelo de repulsão dos pares eletrônicos</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Fórmula estrutural</th> <th>Distribuição espacial (em graus)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dióxido de carbono, CO<sub>2</sub> (2 pares)</td> <td></td> <td>180°</td> </tr> <tr> <td>Formaldeído, CH<sub>2</sub>O (3 pares)</td> <td></td> <td>120°</td> </tr> <tr> <td>Metano, CH<sub>4</sub> (4 pares)</td> <td></td> <td>109,5°</td> </tr> </tbody> </table>	Substância	Fórmula estrutural	Distribuição espacial (em graus)	Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub> (2 pares)		180°	Formaldeído, CH <sub>2</sub> O (3 pares)		120°	Metano, CH <sub>4</sub> (4 pares)		109,5°	<p><b>Geometria de espaços livres</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Forma geométrica</th> <th>Distribuição dos pares eletrônicos</th> <th>Geometria molecular</th> <th>Exemplo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Linear</td> <td>2 pares</td> <td>Linear</td> <td>BeCl<sub>2</sub></td> </tr> <tr> <td>Trigonal plana</td> <td>3 pares</td> <td>Trigonal plana</td> <td>BF<sub>3</sub></td> </tr> <tr> <td>Tetraédrica</td> <td>4 pares</td> <td>Tetraédrica</td> <td>CH<sub>4</sub></td> </tr> <tr> <td>Trigonal bipyramidal</td> <td>5 pares</td> <td>Trigonal bipyramidal</td> <td>PCl<sub>5</sub></td> </tr> <tr> <td>Octáedral</td> <td>6 pares</td> <td>Octáedral</td> <td>SF<sub>6</sub></td> </tr> </tbody> </table>	Forma geométrica	Distribuição dos pares eletrônicos	Geometria molecular	Exemplo	Linear	2 pares	Linear	BeCl <sub>2</sub>	Trigonal plana	3 pares	Trigonal plana	BF <sub>3</sub>	Tetraédrica	4 pares	Tetraédrica	CH <sub>4</sub>	Trigonal bipyramidal	5 pares	Trigonal bipyramidal	PCl <sub>5</sub>	Octáedral	6 pares	Octáedral	SF <sub>6</sub>																				
Substância	Fórmula estrutural	Distribuição espacial (em graus)																																																								
Dióxido de carbono, CO <sub>2</sub> (2 pares)		180°																																																								
Formaldeído, CH <sub>2</sub> O (3 pares)		120°																																																								
Metano, CH <sub>4</sub> (4 pares)		109,5°																																																								
Forma geométrica	Distribuição dos pares eletrônicos	Geometria molecular	Exemplo																																																							
Linear	2 pares	Linear	BeCl <sub>2</sub>																																																							
Trigonal plana	3 pares	Trigonal plana	BF <sub>3</sub>																																																							
Tetraédrica	4 pares	Tetraédrica	CH <sub>4</sub>																																																							
Trigonal bipyramidal	5 pares	Trigonal bipyramidal	PCl <sub>5</sub>																																																							
Octáedral	6 pares	Octáedral	SF <sub>6</sub>																																																							
<p>Fig.5.79</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>TE (°C)</th> <th>Interação molecular</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CH<sub>4</sub></td> <td>-162</td> <td>Dispersão de London</td> </tr> <tr> <td>HCl</td> <td>-85</td> <td>Dipolo-dipolo</td> </tr> <tr> <td>H<sub>2</sub>O</td> <td>100</td> <td>Ligações de hidrogênio</td> </tr> </tbody> </table>	Substância	TE (°C)	Interação molecular	CH <sub>4</sub>	-162	Dispersão de London	HCl	-85	Dipolo-dipolo	H <sub>2</sub> O	100	Ligações de hidrogênio	<p><b>Propriedades dos compostos iônicos</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Prioridade</th> <th>Explicação</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Em condições ambientais, são sólidos cristalinos com temperaturas de fusão e ebulição elevadas.</td> <td>Há forte atração entre cátions e ânions. Para romper o retículo cristalino e provocar a passagem para o estado líquido, muita energia é necessária.</td> </tr> <tr> <td>No estado sólido são maus condutores, parem quando líquidos ou em solução aquosa, conduzem bem a corrente elétrica.</td> <td>A estrutura rígida do retículo cristalino não permite a livre movimentação dos íons. No estado líquido ou quando em solução aquosa, os cátions e ânions adquirem liberdade de movimento e podem conduzir corrente se submetidos à ação de um potencial elétrico.</td> </tr> </tbody> </table>	Prioridade	Explicação	Em condições ambientais, são sólidos cristalinos com temperaturas de fusão e ebulição elevadas.	Há forte atração entre cátions e ânions. Para romper o retículo cristalino e provocar a passagem para o estado líquido, muita energia é necessária.	No estado sólido são maus condutores, parem quando líquidos ou em solução aquosa, conduzem bem a corrente elétrica.	A estrutura rígida do retículo cristalino não permite a livre movimentação dos íons. No estado líquido ou quando em solução aquosa, os cátions e ânions adquirem liberdade de movimento e podem conduzir corrente se submetidos à ação de um potencial elétrico.																																						
Substância	TE (°C)	Interação molecular																																																								
CH <sub>4</sub>	-162	Dispersão de London																																																								
HCl	-85	Dipolo-dipolo																																																								
H <sub>2</sub> O	100	Ligações de hidrogênio																																																								
Prioridade	Explicação																																																									
Em condições ambientais, são sólidos cristalinos com temperaturas de fusão e ebulição elevadas.	Há forte atração entre cátions e ânions. Para romper o retículo cristalino e provocar a passagem para o estado líquido, muita energia é necessária.																																																									
No estado sólido são maus condutores, parem quando líquidos ou em solução aquosa, conduzem bem a corrente elétrica.	A estrutura rígida do retículo cristalino não permite a livre movimentação dos íons. No estado líquido ou quando em solução aquosa, os cátions e ânions adquirem liberdade de movimento e podem conduzir corrente se submetidos à ação de um potencial elétrico.																																																									
<p>Fig.5.81</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Fórmula</th> <th>TF (°C)</th> <th>TE (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Enxofre</td> <td>S<sub>8</sub></td> <td>115,21</td> <td>444,61</td> </tr> <tr> <td>Naftaleno</td> <td>C<sub>10</sub>H<sub>8</sub></td> <td>80,25</td> <td>217,9</td> </tr> <tr> <td>Cloreto de sódio</td> <td>NaCl</td> <td>800,7</td> <td>1465,00</td> </tr> <tr> <td>Sulfato de cálcio</td> <td>CaSO<sub>4</sub></td> <td>1460,00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Sacarose</td> <td>C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub></td> <td>185,50</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Substância	Fórmula	TF (°C)	TE (°C)	Enxofre	S <sub>8</sub>	115,21	444,61	Naftaleno	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	80,25	217,9	Cloreto de sódio	NaCl	800,7	1465,00	Sulfato de cálcio	CaSO <sub>4</sub>	1460,00	-	Sacarose	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	185,50	-	<p><b>Representação de alguns elementos pelo modelo de Lewis.</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>1A</th> <th>2A</th> <th>3A</th> <th>4A</th> <th>5A</th> <th>6A</th> <th>7A</th> <th>8A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H •</td> <td>Be ••</td> <td>B ••</td> <td>C ••</td> <td>N ••</td> <td>O ••</td> <td>F ••</td> <td>Ne ••</td> </tr> <tr> <td>Li •</td> <td>Mg ••</td> <td>Al ••</td> <td>Si ••</td> <td>P ••</td> <td>S ••</td> <td>Cl ••</td> <td>Ar ••</td> </tr> <tr> <td>K •</td> <td>Ca ••</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	H •	Be ••	B ••	C ••	N ••	O ••	F ••	Ne ••	Li •	Mg ••	Al ••	Si ••	P ••	S ••	Cl ••	Ar ••	K •	Ca ••						
Substância	Fórmula	TF (°C)	TE (°C)																																																							
Enxofre	S <sub>8</sub>	115,21	444,61																																																							
Naftaleno	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	80,25	217,9																																																							
Cloreto de sódio	NaCl	800,7	1465,00																																																							
Sulfato de cálcio	CaSO <sub>4</sub>	1460,00	-																																																							
Sacarose	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	185,50	-																																																							
1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A																																																			
H •	Be ••	B ••	C ••	N ••	O ••	F ••	Ne ••																																																			
Li •	Mg ••	Al ••	Si ••	P ••	S ••	Cl ••	Ar ••																																																			
K •	Ca ••																																																									
<p>Fig.5.83</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>hidrogênio (H<sub>2</sub>)</td> <td>cloro (Cl<sub>2</sub>)</td> <td>água (H<sub>2</sub>O)</td> <td>amônia (NH<sub>3</sub>)</td> <td>metano (CH<sub>4</sub>)</td> </tr> </tbody> </table> <p>▲ Moléculas na fórmula de Lewis e na fórmula estrutural.</p>						hidrogênio (H <sub>2</sub> )	cloro (Cl <sub>2</sub> )	água (H <sub>2</sub> O)	amônia (NH <sub>3</sub> )	metano (CH <sub>4</sub> )	<table border="1"> <thead> <tr> <th>gás carbônico (CO<sub>2</sub>)</th> <th>gás clatérico (HCN)</th> <th>gás oxigênio (O<sub>2</sub>)</th> <th>gás nitrogênio (N<sub>2</sub>)</th> <th>formaldeído (CH<sub>2</sub>O)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>O=C=O</td> <td>H-C≡N</td> <td>O=O</td> <td>N≡N</td> <td>H-C=O</td> </tr> </tbody> </table> <p>▲ Fórmulas com os vários tipos de ligações.</p>	gás carbônico (CO <sub>2</sub> )	gás clatérico (HCN)	gás oxigênio (O <sub>2</sub> )	gás nitrogênio (N <sub>2</sub> )	formaldeído (CH <sub>2</sub> O)						O=C=O	H-C≡N	O=O	N≡N	H-C=O																															
hidrogênio (H <sub>2</sub> )	cloro (Cl <sub>2</sub> )	água (H <sub>2</sub> O)	amônia (NH <sub>3</sub> )	metano (CH <sub>4</sub> )																																																						
gás carbônico (CO <sub>2</sub> )	gás clatérico (HCN)	gás oxigênio (O <sub>2</sub> )	gás nitrogênio (N <sub>2</sub> )	formaldeído (CH <sub>2</sub> O)																																																						
O=C=O	H-C≡N	O=O	N≡N	H-C=O																																																						
<p>Fig.5.85</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ozônio</td> <td>dióxido de enxofre</td> <td>trióxido de enxofre</td> <td>ácido nítrico</td> </tr> </tbody> </table>					ozônio	dióxido de enxofre	trióxido de enxofre	ácido nítrico	<p>TE vs Massa molecular</p>																																																
ozônio	dióxido de enxofre	trióxido de enxofre	ácido nítrico																																																							