

Prof. Marcus Ennes  
Prof. Felipe Garcia

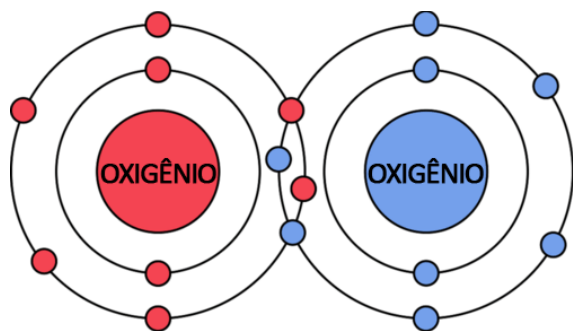
# Química geral

## UNIDADE 09: Ligações químicas – Ligação covalente

A teoria do octeto, que pode ser melhor representada associando os gases nobres como o principal modelo de estabilidade, isto é, os elementos químicos perdem, ganham ou compartilham elétrons com o simples objetivo de adquirirem uma configuração eletrônica similar à de um gás nobre que com exceção do hélio sempre apresentará 8 elétrons em sua camada de valência.

Seja nas ligas metálicas, nas proteínas, enzimas, carboidratos ou nos medicamentos que ingerimos, temos átomos ligando-se uns aos outros e formando substâncias. Pode-se dizer que as propriedades das substâncias estão intimamente relacionadas com os tipos de ligações que ocorrem entre seus átomos e nas características das mesmas.

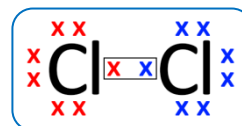
O termo “covalente” pode ser dividido, a parte “co” significa ao lado, e “valente” deriva de valência, referente à última camada eletrônica dos átomos. A ligação covalente foi o primeiro tipo de ligação a ter sua ideia concebida, em 1916, como uma explicação para ligação através de pares de elétrons, pelo físico-químico estadunidense Gilbert Newton Lewis (1875-1946).



### Ligações Covalentes

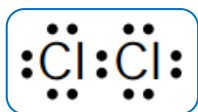
A formação de uma ligação covalente ocorre mediante a um compartilhamento de elétrons entre as espécies envolvidas na ligação. Para que a ligação possa ser caracterizada como covalente, os elementos envolvidos nessa ligação devem ser ambos ametais, um ametal ligado ao hidrogênio ou dois hidrogênios ligados entre si.

Para os elementos representativos, que são os que pertencem às famílias A na tabela periódica, o número da família será sempre igual ao número de elétrons presentes na última camada do elemento químico em questão. Por exemplo, a ligação entre dois átomos de cloro, que ocorre mediante a um compartilhamento de elétrons entre esses dois átomos e pode ser representada da seguinte maneira:



Vale frisar que essa representação acima é apenas uma representação didática para que haja compreensão acerca da ideia do compartilhamento de elétrons. As letras “x” azuis e vermelhas representam os elétrons de cada um dos átomos de cloro envolvidos na ligação. Que fique claro que a diferença de cores é apenas uma representação didática, ou seja, os elétrons são todos idênticos, independente de quais sejam os elementos químicos envolvidos nas ligações.

A fórmula eletrônica, chamada também de estrutura de Lewis, será representada corretamente da seguinte maneira:



Neste tipo de representação serão exibidos apenas os elétrons de valência envolvidos nas ligações.

## Tipos de ligações covalentes

### Ligação covalente apolar

Ocorre quando dois átomos com mesmo valor de eletronegatividade (geralmente dois átomos do mesmo elemento químico) se ligam por meio de uma ligação covalente. Devido ao mesmo valor das eletronegatividades, haverá um compartilhamento no qual nenhum elemento atrairá os elétrons mais do que o outro, portanto nenhum irá tornar-se polo positivo ou negativo.

Podemos exemplificar com a fórmula eletrônica da molécula de hidrogênio ( $H_2$ ) composta por dois átomos de hidrogênio, elemento que possui apenas 1 elétron na camada de valência.



### Ligação covalente polar

Ocorre quando dois átomos com diferentes valores de eletronegatividade realizam um compartilhamento de elétrons. Eletronegatividade é a tendência que um elemento químico possui em atrair elétrons ao realizar uma ligação química.

Assim, o elemento químico de maior eletronegatividade irá atrair os elétrons dessa ligação com maior intensidade em relação ao elemento menos eletronegativo, fazendo com que ocorra uma polarização dessa ligação. Teremos então um polo positivo (elemento menos eletronegativo) e um polo negativo (elemento mais eletronegativo).

Podemos exemplificar o descrito através da molécula do cloreto de hidrogênio, também conhecido como ácido clorídrico (HCl):



O átomo de cloro é mais eletronegativo, tornando-se portanto o polo negativo, enquanto o hidrogênio, menos eletronegativo, torna-se o polo positivo:



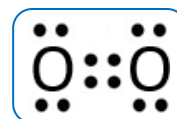
O símbolo em questão é uma letra do alfabeto grego, um delta minúsculo ( $\delta$ ), e significa carga parcial.

Podemos ainda determinar qual será o tipo de ligação em função do número de pares eletrônicos que estão sendo compartilhados em cada ligação. Assim, teremos os seguintes tipos de ligações:

- **Ligação simples:** apenas 1 par de elétrons sendo compartilhado. Exemplo:  $H_2$ .



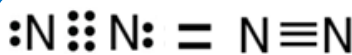
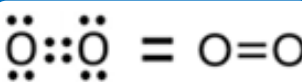
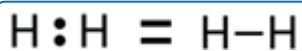
- **Ligação dupla:** 2 pares de elétrons sendo compartilhados. Exemplo:  $O_2$ .



- **Ligação tripla:** 3 pares de elétrons sendo compartilhados. Exemplo:  $N_2$ .



Há também uma outra forma de representação, em que cada par eletrônico compartilhado será representado apenas como um traço. Os pares eletrônicos isolados, ou seja, aqueles que não participam de uma ligação covalente, serão omitidos nesta representação. É a chamada fórmula estrutural plana. Fazemos uma representação dos exemplos anteriores:



## Propriedades dos compostos covalentes

Podemos resumir as propriedades gerais exibidas pelos compostos covalentes da seguinte forma:

- Podem ser encontrados nos três estados físicos na temperatura ambiente, como por exemplo, o iodo ( $\text{I}_2$ ) que é sólido, o bromo ( $\text{Br}_2$ ), que é líquido e o cloro ( $\text{Cl}_2$ ), que é um gás. Porém, dentre essas três possibilidades, predominam os compostos nas fases líquida e gasosa;

- Apresentam baixos valores de pontos de fusão e de ebulição, bem mais baixos se comparados aos compostos iônicos e metálicos;

- Maus condutores de corrente elétrica, com exceção dos ácidos, que conduzem corrente elétrica quando colocados em solução aquosa, isto é, quando sofrem ionização. A condução de corrente elétrica, nesse caso, só é possível por conta da presença de íons livres na solução;

- A solubilidade dos compostos covalentes varia de acordo com a polaridade da molécula. Podemos afirmar que moléculas de mesma polaridade tendem a ter interações muito mais efetivas.

## Caráter da ligação

Em uma ligação química entre dois elementos diferentes, a diferença entre os valores de eletronegatividade dos mesmos, representada por  $\Delta X$ , irá determinar qual será o caráter predominante da ligação. O critério de avaliação será o seguinte:

- Para  $\Delta X < 1,7$ : O caráter predominante da ligação será covalente.

- Para  $\Delta X > 1,7$ : O caráter predominante da ligação será iônico.

Vejamos alguns exemplos:

### NaCl

$${}_{11}\text{Na}: X = 0,9 \quad {}_{17}\text{Cl}: X = 3,0$$

$$\Delta X = 3,0 - 0,9 = 2,1 \quad (\Delta X > 1,7)$$

**Caráter predominantemente iônico.**

### HCl

$${}_{1}\text{H}: X = 2,1 \quad {}_{17}\text{Cl}: X = 3,0$$

$$\Delta X = 3,0 - 2,1 = 0,9 \quad (\Delta X < 1,7)$$

**Caráter predominantemente covalente.**

### HF

$${}_{1}\text{H}: X = 2,1 \quad {}_{9}\text{F}: X = 4,0$$

$$\Delta X = 4,0 - 2,1 = 1,9 \quad (\Delta X > 1,7)$$

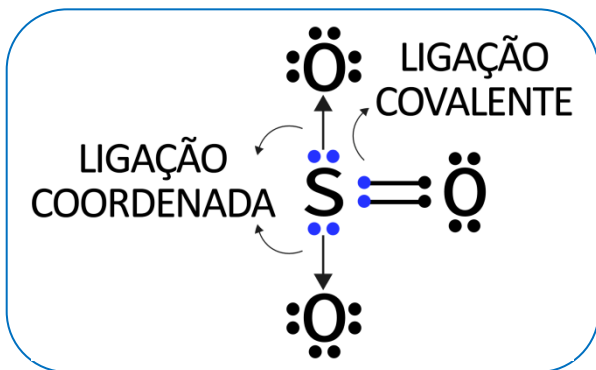
**Caráter predominantemente iônico.**

Repare que, mesmo o HF sendo um composto covalente, possui uma diferença de eletronegatividade superior ao valor limite de 1,7, logo, podemos concluir que o composto HF é um composto covalente, porém, de elevado caráter iônico.

## Ligação covalente coordenada

Em alguns casos os elementos já completaram o octeto, entretanto ainda apresentam elétrons não ligantes na camada de valência. Por exemplo, na molécula da amônia ( $\text{NH}_3$ ), o átomo de nitrogênio, que tem 5 elétrons em sua camada de valência, faz 3 ligações simples, uma com cada átomo de hidrogênio, e completa seu octeto. Com isso restam 2 elétrons não ligantes na camada de valência. Esses elétrons não ligantes podem ser utilizados para fazer mais uma ligação covalente, que há algum tempo atrás era chamada de covalente dativa, e hoje chama-se covalente coordenada.

Alguns exemplos incluem moléculas como ozônio ( $\text{O}_3$ ), anidrido sulfúrico ( $\text{SO}_3$ ) e ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Observe a estrutura a seguir:



## NOTAS:



## ATIVIDADES PROPOSTAS

1) As ligações químicas existentes na formação das substâncias NaCl, HCl, e Cl<sub>2</sub> são, respectivamente,

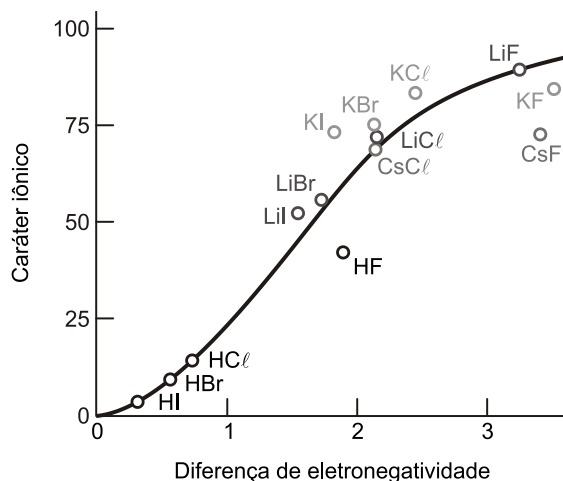
- iônica, covalente polar, covalente apolar.
- iônica, covalente apolar e covalente polar.
- covalente polar, covalente apolar e iônica.
- covalente apolar, covalente polar e iônica.

2) Na fórmula eletrônica (ou de Lewis) da molécula de nitrogênio, o número de pares de elétrons compartilhados é

Dado: número atômico nitrogênio = 7.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

3) O caráter iônico de determinadas substâncias, em função da diferença de eletronegatividade, está apresentado a seguir.



Em análise do gráfico, a alternativa **CORRETA** é:

- O iodeto de lítio é o sal de maior caráter iônico.
- O cloreto de célio tem predominante caráter covalente.
- O ácido fluorídrico apresenta menor força ácida.
- A maior diferença de eletronegatividade deve-se ao HI.

4) Para o processo de purificação da água, são adicionadas substâncias como sulfato de alumínio,  $Al_2(SO_4)_3$ , para formação de flocos com a sujeira da água; cloro,  $Cl_2$ , para desinfecção; óxido de cálcio,  $CaO$ , para ajuste de pH, e flúor,  $F_2$ , para prevenção de cáries.

O tipo de ligação que une os elementos das substâncias utilizadas no processo de purificação da água é

- a) covalente/iônica, iônica, covalente e iônica.
- b) covalente/iônica, covalente, covalente e iônica.
- c) iônica/covalente, covalente, iônica e covalente.
- d) iônica/covalente, iônica, iônica, covalente.

5) Assinale o composto que apresenta ligação covalente coordenada.

- a)  $SO_2$
- b)  $CH_4$
- c)  $BF_3$
- d)  $FeCl_2$
- e)  $KCl$

6) Considerando-se os elementos químicos e seus respectivos números atômicos H ( $Z = 1$ ), Na ( $Z = 11$ ), C ( $Z = 17$ ) e Ca ( $Z = 20$ ):

I - No composto  $CaCl_2$  encontra-se uma ligação covalente polar.

II - No composto  $NaCl$  encontra-se uma ligação iônica.

III - No composto  $Cl_2$  encontra-se uma ligação covalente polar.

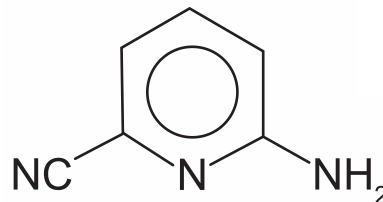
IV - No composto  $H_2$  encontra-se uma ligação covalente apolar.

Estão corretas as alternativas:

- a) II e III
- b) I, II e IV
- c) II e IV
- d) II, III e IV

7) A radiação na região do infravermelho interage com a oscilação do campo elétrico gerada pelo movimento vibracional de átomo de uma ligação química. Quanto mais fortes forem as ligações e mais leves os átomos envolvidos, maior será a energia e, portanto,

maior a frequência da radiação no infravermelho associada à vibração da ligação química. A estrutura da molécula 2-amino-6-cianopiridina é mostrada.



A ligação química dessa molécula, envolvendo átomos diferentes do hidrogênio, que absorve a radiação no infravermelho com maior frequência é:

- a) C-C
- b) C-N
- c) C=C
- d) C=N
- e)  $C\equiv N$

8) Um exemplo de composto iônico no qual o cátion apresenta átomos unidos por ligação covalente é o representado pela fórmula

- a)  $PBr_3$
- b)  $KI$
- c)  $NaHCO_3$
- d)  $NH_4Cl$
- e)  $CO(NH_2)_2$

9) Qual dos elementos liga-se ao oxigênio ( $Z = 8$ ) por ligação covalente?

- a) Sódio- Na ( $Z = 11$ )
- b) Potássio- K ( $Z = 19$ )
- c) Neônio- Ne ( $Z = 10$ )
- d) Argônio- Ar ( $Z = 18$ )
- e) Fósforo- P ( $Z = 15$ )

10) A ligação covalente ocorre entre:

- a) metal + ametal
- b) ametal + ametal
- c) ametal + metal
- d) metal + metal
- e) não metal + metal

11) Por terem camada de valência completa, alta energia de ionização e afinidade eletrônica praticamente nula, considerou-se por muito

tempo que os gases nobres não formariam compostos químicos. Porém, em 1962, foi realizada com sucesso a reação entre o xenônio (camada de valência  $5s^2 5p^6$ ) e o hexafluoreto de platina e, desde então, mais compostos novos de gases nobres vêm sendo sintetizados. Tais compostos demonstram que não se pode aceitar acriticamente a regra do octeto, na qual se considera que, numa ligação química, os átomos tendem a adquirir estabilidade assumindo a configuração eletrônica de gás nobre. Dentre os compostos conhecidos, um dos mais estáveis é o difluoreto de xenônio, no qual dois átomos do halogênio flúor (camada de valência  $2s^2 2p^5$ ) se ligam covalentemente ao átomo de gás nobre para ficarem com oito elétrons de valência.

Ao se escrever a fórmula de Lewis do composto de xenônio citado, quantos elétrons na camada de valência haverá no átomo do gás nobre?

- a) 6
- b) 8
- c) 10
- d) 12
- e) 14

12) Assinale a alternativa que apresenta compostos químicos que possuam, respectivamente, ligação covalente polar, ligação covalente apolar e ligação iônica.

- a)  $H_2O$ ,  $CO_2$  e  $NaCl$ .
- b)  $CCl_4$ ,  $O_3$  e  $HBr$ .
- c)  $CH_4$ ,  $SO_2$ ,  $HI$ .
- d)  $CO_2$ ,  $O_2$  e  $KCl$ .
- e)  $H_2O$ ,  $H_2$  e  $HCl$ .

13) Considere as seguintes afirmativas:

- I. Quando dissolvidos em água, formam soluções com boa capacidade de conduzir eletricidade.
- II. São ótimos condutores de eletricidade.
- III. Apresentam alta temperatura de fusão.
- IV. São duros e quebradiços.

Assinale a opção cujas características estão adequadamente relacionadas aos compostos.

	I	II	III	IV
a)	Metálicos	Metálicos	Covalente polar	Iônicos
b)	Iônicos	Covalente polar	Metálicos	Metálicos
c)	Covalente polar	Metálicos	Iônicos	Iônicos
d)	Iônicos	Metálicos	Metálicos	Iônicos

14) Existem vários modelos para explicar as diferentes propriedades das substâncias químicas, em termos de suas estruturas submicroscópicas.

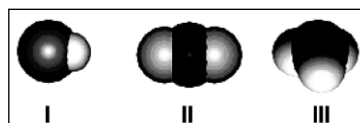
Considere os seguintes modelos:

- I. moléculas se movendo livremente;
- II. íons positivos imersos em um "mar" de elétrons deslocalizados;
- III. íons positivos e negativos formando uma grande rede cristalina tridimensional.

Assinale a alternativa que apresenta substâncias que exemplificam, respectivamente, cada um desses modelos.

	I	II	III
a)	gás nitrogênio	ferro sólido	cloreto de sódio sólido
b)	água líquida	iodo sólido	cloreto de sódio sólido
c)	gás nitrogênio	cloreto de sódio sólido	iodo sólido
d)	água líquida	ferro sólido	diamante sólido
e)	gás metano	água líquida	diamante sólido

15) Os desenhos são representações de moléculas em que se procura manter proporções corretas entre raios atômicos e distâncias internucleares. Os desenhos podem representar, respectivamente, moléculas de:



- a) oxigênio, água e metano.
- b) cloreto de hidrogênio, amônia e água.
- c) monóxido de carbono, dióxido de carbono e ozônio.
- d) cloreto de hidrogênio, dióxido de carbono e amônia.
- e) monóxido de carbono, oxigênio e ozônio.

16) Das substâncias abaixo relacionadas, qual delas, no estado sólido, **NÃO** apresenta ligações químicas intramoleculares do tipo covalente?

- a) Iodo
- b) Silício
- c) Prata
- d) Naftaleno
- e) Lauril-sulfato de sódio (detergente de uso doméstico)

17) A espécie química representada por:



Pode ser melhor descrita como:

- a) um ânion.
- b) um cátion.
- c) uma molécula.
- d) um átomo neutro
- e) um composto químico

18) Analise a posição de alguns elementos na Classificação Periódica (Tabela 1) e as suas tendências em formarem ligações químicas (Tabela 2), como especificado a seguir:

## TABELA 1

A	5º período, 7A
B	6º período, 8B
C	2º período, 6A
D	4º período, 5A
E	5º período, 3A
F	3º período, 1A

## TABELA 2

- 1) efetua no máximo três covalências simples
- 2) quando se une a um ametal, transforma-se em um cátion monovalente

3) é capaz de formar até três ligações covalentes coordenadas.

4) ao se combinar com dois átomos de hidrogênio, ainda apresenta dois pares de elétrons disponíveis

A única opção que relaciona corretamente o elemento químico e sua característica, quando ocorre a possível ligação é:

- a) 1D; 2A; 3C; 4F
- b) 1D; 2B; 3A; 4F
- c) 1D; 2F; 3E; 4C
- d) 1D; 2B; 3A; 4E
- e) 1D; 2F; 3A; 4C

19) Pode-se dizer que na molécula H-Cl as eletrosferas dos átomos H e Cl são, respectivamente, iguais às eletrosferas dos átomos dos gases nobres:

- a) Ne e He
- b) Ne e Ar
- c) Ar e He
- d) He e Ne
- e) He e Ar

20) Qual dos compostos seguintes apresenta maior caráter covalente?

- a) KBr
- b) NaBr
- c) CaBr<sub>2</sub>
- d) MgBr<sub>2</sub>
- e) BeBr<sub>2</sub>



## GABARITOS

1) A

2) C

3) C

4) C

5) A

6) C

7) E

8) D

9) E

10) B

11) C

12) D

13) D

14) A

15) D

16) C

17) D

18) E

19) E

20) E