

## **Alternativa para determinação do número de ligações químicas do tipo dativas em compostos inorgânicos**

*Alternative for determining the number of dative-type chemical bonds in inorganic compounds*

**Júnior João Américo<sup>1\*</sup>, Isaías dos Santos Manuel Pedro<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> Lic. Instituto Superior de Ciências de Educação do Uíge (ISCED – Uíge), Uíge, Angola.  
[juniorjoaoamericoo@gmail.com](mailto:juniorjoaoamericoo@gmail.com)

<sup>2</sup> MSc. Instituto Superior de Ciências de Educação do Uíge (ISCED – Uíge), Uíge, Angola.  
[isaiaspanzo@hotmail.com](mailto:isaiaspanzo@hotmail.com)

\* Autor para correspondência: [juniorjoaoamericoo@gmail.com](mailto:juniorjoaoamericoo@gmail.com)

### **RESUMO**

O presente artigo aborda sobre a aplicação de uma forma alternativa para determinação do número de ligações químicas do tipo dativas em compostos inorgânicos. Foi concebido a partir das dificuldades apresentadas por um grupo de alunos do ensino secundário constatadas por meio da aplicação de um teste diagnóstico. Depois de tal constatação, primou-se na suposição segundo a qual, a aplicação de uma forma alternativa fundamentada em passos algorítmicos, permitiria a determinação das referidas ligações pelos alunos de forma mais simplificada; situação na base da realização de um conjunto de aulas experimentais com a aplicação do método alternativo concebido para o efeito, culminando com a aplicação de um teste prognóstico, o qual permitiu validar a suposição inicial dada a diferença significativa entre os resultados de ambos os testes determinada por meio da análise do crescimento e índice de Hake.

**Palavras clave:** ligações químicas; alternativa; valência.

### **ABSTRACT**

*This article discusses the application of an alternative way to determine the number of dative-type chemical bonds in inorganic compounds. It was conceived from the difficulties presented by a group of secondary school students verified through the application of a diagnostic test. After such observation, the assumption was made that the application of an alternative form based on algorithmic steps would allow the determination of the referred connections by the students in a more simplified way; situation on the basis of carrying out a set of experimental classes with the application of the alternative method designed for the purpose, culminating in the application of a prognostic test, which allowed the initial assumption to be validated given the significant difference between the results of both tests determined through growth analysis and Hake index.*

**Keywords:** chemical bonds; alternative; valence.

## INTRODUÇÃO

As ligações químicas formam as substâncias, tornando, dessa maneira, os átomos estáveis segundo Borges & Alves (2017); Boni & Goldano (2007); Bosquinhá (s.d), pois, durante as ligações químicas os átomos procuram ganhar ou perder eletrões para possuir a configuração eletrônica dos gases nobres que é uma estrutura estável devido a presença de oito (8) eletrões (octeto) ou dois (2) eletrões (doblete) na camada periférica conforme a regra de octeto. O conhecimento das ligações químicas é de grande valia para a melhor compreensão das estruturas dos materiais e, consequentemente, de suas propriedades.

É dessa forma que os cientistas podem criar ou melhorar produtos já existentes. O tipo de ligação que se estabelece entre os átomos permite inferir suas propriedades e, portanto, prever em que condições esse material deve ser trabalhado. É difícil falar das ligações sem falar dos eletrões de valência, porque dentro de uma ligação química há sempre uma interação entre os eletrões das camadas de valência (última camada ocupada pelos eletrões de um átomo em seu estado fundamental de energia) dos átomos que formam as ligações. Conforme o tipo de interação que acontece entre os eletrões das camadas de valência dos átomos que participam da formação da ligação química, e considerando a definição de ligação química empregada pela IUPAC, há quatro tipos diferentes de ligações químicas: covalente, iônica, metálica e ligações fracas. (Marques & Magnoni, 2016, 109)

Assim sendo, é preciso levar em consideração que para a compreensão desse assunto, os alunos já precisam de conhecimentos sobre outros conceitos relevantes da química, como átomos, moléculas, iões, entre outros, além de estarem com um nível/capacidade de abstração elevado. Como cada aluno pode ter desenvolvido o conhecimento nesses temas de uma maneira diferente, devido a vários fatores, isso pode ter gerado concepções alternativas para os conceitos, se tornando um desafio para abordagem de ligações químicas. (Toma, 1997; Fernandes & Campos, 2012 citado por Freitas, Sampaio, & Barroso, 2022).

Dizer que as noções de ligações químicas fazem parte dos conteúdos curriculares do ensino médio e superior de Angola. O seu entendimento pelos estudantes é fundamental para a compreensão de outros conteúdos relevantes em Química, como reações químicas, equilíbrio químico, termodinâmica, dentre outros (Silva & Campos, 2018).

Na mesma direção, Dias (2020) expõe que no subsistema de ensino geral em Angola, o tema que trata das ligações químicas consta no programa de Química da 11<sup>a</sup> classe. Apesar da presença do tema no programa referenciado, a aprendizagem desta temática não tem sido das melhores por parte dos alunos, essencialmente quando se trata de ligações covalentes dativas/coordenadas, tal como constatou-se ao longo da pesquisa.

Assim sendo, com base ao relato precedente, formulou-se a seguinte questão: Como mediar a aprendizagem dos alunos no estudo das ligações químicas?

Com vista a responder a questão precedente, primou-se na suposição segundo a qual, a aplicação de uma forma alternativa fundamentada em passos algorítmicos, permitiria a determinação das referidas ligações pelos alunos de forma mais simplificada; daí que ao longo do artigo refletiu-se em torno do impacto da alternativa concebida na aprendizagem dos alunos no que tange à determinação do número de ligações químicas conforme discutido ao longo da pesquisa desenvolvida cujo objetivo prendeu-se na apresentação de uma forma alternativa para a determinação do número de ligações químicas covalentes dativas/coordenadas presentes em compostos inorgânicos.

## DESENVOLVIMENTO

O trabalho partiu de um diagnóstico sobre o estado cognitivo de um coletivo de quarenta (40) alunos pertencentes a uma turma da 11<sup>a</sup> classe do Complexo Escolar São Francisco de Assis de Negage (Uíge) do curso de Ciências Físicas e Biológicas, sobre a determinação do número de ligações covalente dativas/coordenadas em compostos inorgânicos. Depois de apurado e analisados os dados, não sendo satisfatórios, seguiu-se a revisão bibliográfica sobre os métodos de tratamento dos referidos conteúdos nos mesmos, tendo constatado a mesma informação nos diferentes livros e artigos científicos, apresentando-os através da forma convencional. Nesta conformidade, estruturou-se uma forma alternativa para a determinação do referido número de ligações, a qual foi ensaiada em contexto de sala de aula, culminando com uma avaliação do impacto produzido na aprendizagem dos alunos; situação na base da formulação das conclusões desta pesquisa.

### 1.Tabela periódica

A primeira lei periódica foi em função das massas atómicas dos elementos porque pensava-se que a propriedade de um elemento dependia da sua massa atómica, mas com a descoberta do número atómico ( $Z$ ) por Moseley em 1913 percebeu-se que a propriedade de um elemento é em função do seu número atómico. (Oliveira, Boralho, Júnior, & Mascarenhas, 2015; Feitosa, Barbosa, & Forte, 2016)

Autores como, Coelho A. L (2015); Souza & Aires (2022) consideram a tabela periódica (TP) como um instrumento utilizado para consulta e previsão de um grande número de propriedades químicas dos elementos. No sistema periódico os elementos estão dispostos em ordem crescente de número atómico de modo a formar:

- Sete (7) períodos ou sete linhas horizontais: geralmente os elementos que ocupam um mesmo período possuem o valor de várias propriedades químicas e físicas variando de um mínimo a um máximo ou vice-versa;
- Dezoito (18) famílias (grupos) ou dezoito colunas verticais: os elementos que ocupam uma mesma coluna normalmente possuem propriedades químicas semelhantes e propriedades físicas que variam gradualmente (pois as propriedades físicas dependem da massa e do tamanho dos átomos).

Tendo em conta as configurações eletrónicas, o grupo pode ser dividido em subgrupos:

- subgrupos principais: elementos representativos;
- subgrupos secundários: elementos de transição.

No presente artigo trabalhou-se apenas com os subgrupos principais que são os elementos representativo.

### 2. Elementos representativos, Valência e Ligações químicas

São considerados elementos representativos o elemento encontrado ou situados nos grupos IA, IIA, IIIA, IVA, VA, VIA, VIIA ou 1, 2, 13, 14, 15, 16, 17 e 18 da tabela periódica (Usberco & Salvador, 2002; Borges & Alves, 2017).

Esses elementos também são considerados homólogos verdadeiros pelo facto de apresentarem numa mesma família os seguintes aspectos: (Makonga, 2022)

- Propriedades químicas semelhantes;
- Mesma configuração eletrónica;
- Mesma valência.

O número de eletrões na camada de valência é que define as propriedades químicas dos átomos no estado fundamental, pós o mesmo não determina só os tipos de ligação entre os átomos para formar substâncias como também os tipos de reação que essas substâncias apresentam (Reis, 2016; Nogueira & Porto, 2018; Júnior, Jesus, & Júnior, 2022).

O termo valência (eletrões de valência) foi atribuído por Kekulé, significando um número simples que indica a tendência que um átomo tem de se combinar com um outro átomo. O termo é usado em várias áreas da química, ainda que a definição clássica pareça não dar conta, à primeira vista, de todos os contextos em que a palavra é empregada (Coulson, 1961; Hudson, 1992; Greenberg, 2017) citado por (Pacheco, 2019).

Nogueira & Porto (2018); Marques & Magnoni, (2016) expõem sobre o conceito de valência (que inicialmente foi designado por outros nomes) já era considerado importante nas investigações sobre a composição e estrutura da matéria desde a segunda metade do século XIX. Nessa época, o conceito de valência estava relacionado à ideia de afinidade química e à existência de alguma coisa que fizesse determinados elementos ficar juntos – ainda que suas causas fossem desconhecidas. Por muito tempo, a valência foi considerada como sinônimo de ligação química ou como sua causa, por meio das diferentes aproximações.

A noção de valência demonstrou ser uma estratégia eficiente para aproximação do químico com o misterioso mundo interior dos fenômenos e das ligações químicas. Essa noção tenta explicar os antigos domínios da afinidade química, produzindo com isso uma maneira especial de representar a realidade invisível dos átomos e das moléculas mediante as chamadas fórmulas químicas, e dando origem ao mundo periódico (Fernandes, 2019).

A partir de todas essas influências, professores de Química concordam que é impossível explicar a estruturação da tabela da periódica sem ter as noções de valência (Silva C. L., 2017; Nogueira & Porto, 2018).

Com isso, Reis (2016) conclui que: “As propriedades químicas dos elementos podem ser previstas com base na distribuição eletrônica do átomo no estado fundamental” (p.201). Na tabela 1 apresenta-se as propriedades dos elementos representativos.

**Tabela 1.**

*Características dos elementos representativos*

Grupo	Nome da família	Configuração eletrônica	Eletrões na última camada	Valência
1	Metais alcalinos	ns <sup>1</sup>	1	1
2	Metais alcalinos terrosos	ns <sup>2</sup>	2	2
13	Terrosos ou família do boro	ns <sup>2</sup> np <sup>1</sup>	3	3
14	Carbonidos	ns <sup>2</sup> np <sup>2</sup>	4	4
15	Azotidos	ns <sup>2</sup> np <sup>5</sup>	5	3
16	Calcogénios	ns <sup>2</sup> np <sup>4</sup>	6	2
17	Halogéneos	ns <sup>2</sup> np <sup>5</sup>	7	1
18	Gases nobres	ns <sup>2</sup> np <sup>6</sup>	8	0

Fonte: Tomado de Chang & Goldsby (2013); Makonga (2022).

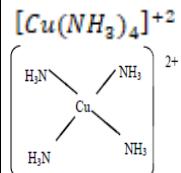
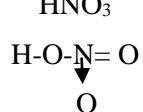
Tendo em conta as características dos elementos nota-se que a partir dos eletrões da última camada se pode determinar o carácter dos elementos pertencentes a uma determinada família. E, a valência determina praticamente o número de ligações que possivelmente cada átomo poder fazer. Assim, a título de exemplo descrevemos a seguinte situação: se um elemento do grupo um (1) estiver presente em um composto, o número máximo de ligações que poderá fazer é apenas uma, são monovalentes. Se um elemento for do grupo dois (2) estiver presente em um composto apresentará duas ligações (são bivalente), esta situação funciona também para os demais elementos representativos, excepto os gases nobres.

Ligações químicas é um conjunto de forças que mantêm os átomos ligados nas moléculas (Boni & Goldano, 2007; Bosquinha, s.d.). Hoje, o que se pode ver nas literaturas que abordam este assunto têm como referência a consagrada regra do octeto que diz: “durante as ligações químicas os átomos procuram ganhar ou perder eletrões para possuir a configuração eletrónica dos gases nobres que é uma estrutura estável devido à presença de oito (8) eletrões (octeto) ou dois (2) eletrões (doblete) na camada periférica”, proposta em 1916 por Gilbert Newton Lewis e Walther Ludwig Julius Kossel, e consolidada em 1919 por Irving Langmuir. (Atkins & Jones, 2012; Paralovo, 2020; Pacheco, 2019).

Há quatro tipos diferentes de ligações químicas nomeadamente covalente, iônica, metálica e ligações fracas (Marques & Magnoni, 2016). Na tabela 2, encontra-se apresentada a característica de cada tipo de ligação química com os seus respectivos exemplos.

**Tabela 2.**

*Tipos de ligações químicas*

Tipos de ligações			Característica da ligação	Exemplos
<b>Iônica ou electrovalente</b>			Perca e ganho de eletrões. Ocorre sempre entre um átomo metálico e um não metálico	NaCl e MgBr <sub>2</sub>
<b>Covalente</b>	Normal	Polar	Partilha de eletrões entre átomos não metálicos diferentes. Cada átomo é ao mesmo tempo doador e aceitador de eletrões que poderão formar o doblete.	Cl <sub>2</sub> ; F <sub>2</sub> ; H <sub>2</sub>
		Apolar	Partilha de eletrões entre átomos não metálicos iguais. Cada átomo é ao mesmo tempo doador e aceitador de eletrões que poderão formar o doblete.	HCl; CO <sub>2</sub> ; NH <sub>3</sub> ; H <sub>2</sub> O
	Dativa	Coordenativa	Partilha em comum de dobletes eletrónicos entre um átomo doador e um aceitador. O átomo doador é mais eletronegativo do que o átomo aceitador (usa-se um traço carregado para diferenciar das ligações normais).	
		Semi-polar	Partilha em comum de dobletes eletrónicos entre um átomo doador e um aceitador. O átomo doador é menos eletronegativo que o aceitador (usa-se uma flecha para diferenciar das ligações normais).	HNO <sub>3</sub> 
<b>Metálica</b>			Nesse tipo de ligação os eletrões encontram-se em movimento (mar de eletrões) e tem-se a formação de ligações metálicas quando se tem elementos diferentes.	Aço liga metálica de carbono (C) e ferro (Fe)

Fonte: Adaptado de Melo, Alexandre, Bezerra, & Pereira (s.d)

De modo geral a determinação das ligações químicas, obedecem a regra convencional/tradicional que se fundamenta na regra de octeto, e está estabelece que: 1º Deve-se saber os eletrões de valência que cada átomo a presenta na última camada; 2º Representar a molécula na fórmula eletrônica ou na fórmula estrutural; 3ºDeterminar o número e os tipos de ligações presente na molécula (Fogaça, 2022).

A ligação dativa/coordenada surge quando um dos átomos entrar com dois (2) eletrões (1 par de eletrões) para o compartilhamento e o outro átomo com nenhum eletrão será o beneficiado. Como por exemplo, ao determinar o número de ligações coordenadas em uma certa molécula como o caso de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) de acordo regra precedente, cada átomo de enxofre e de oxigénio possuem 6 eletrões em sua camada de valência, assim, eles precisam receber 2 eletrões cada um inicialmente, o enxofre realiza duas ligações covalentes comuns normais, compartilhando dois pares de eletrões com um dos átomos de oxigénio, ficando ambos estáveis com 8 eletrões. Mas, o outro átomo de oxigénio não está estável, por isso, o enxofre compartilha um par de seus eletrões com ele por meio de uma ligação covalente coordenada ficando:

**Figura 1.**

*Fórmula eletrônica e estrutural da molécula de dióxido de carbono*

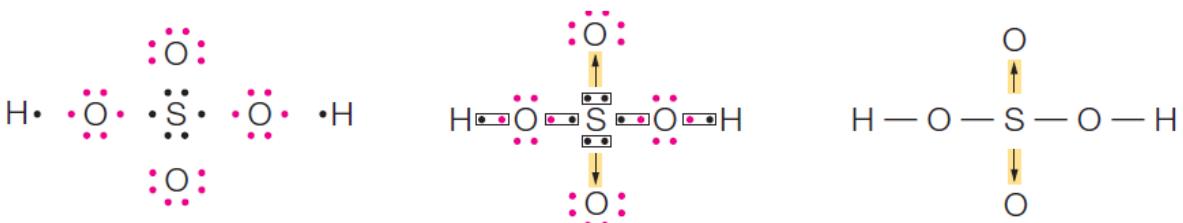


Fonte: (Usberco & Salvador, 2002, p. 104)

No caso da molécula de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), cada átomo de enxofre e de oxigénio possuem 6 eletrões em suas camadas de valência ao passo que o hidrogénio tem 1 eletrão na última camada, assim, os átomos de enxofre e de oxigénio precisam receber 2 eletrões cada um inicialmente e o hidrogénio um (1) eletrão, o Enxofre realiza duas ligações covalentes comuns (normais), compartilhando dois pares de eletrões com dois átomos de oxigénio, consequentemente esses átomos de oxigénio vão compartilhar também dois pares de eletrões com os átomos de hidrogénio ficando os três estáveis com 8 (S e O) e 2 (H) eletrões. Mas, os outros átomos de oxigénio não estão estáveis, por isso, o enxofre compartilha dois pares de seus eletrões com os demais oxigénios por meio de uma ligação covalente coordenada ficando:

**Figura 2.**

*Fórmula eletrônica e estrutural da molécula do ácido sulfúrico*



Fonte: (Usberco & Salvador, 2002, p. 105)

As fórmulas do tipo HxE<sub>x</sub>O<sub>y</sub> correspondem a uma série de compostos classificados como ácidos oxigenados. Nessas fórmulas, todos os oxigênios aparecem unidos ao elemento central E. Cada átomo de hidrogênio irá unir-se a um átomo de oxigênio, formando tantos grupos OH quantos forem possíveis. Um exemplo desse tipo de substância é o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Essa regra é abrangente para todos tipos de moléculas tanto orgânicas como inorgânicas, mas torna-se muito trabalhosa em moléculas com número de átomos elevado como exemplo, o Dihidroxiclorato de

chumbo (IV) Pb (OH)2(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Pirofosfato de sódio Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> entre outros, dificultando assim muitos estudantes do ensino médio (Freitas, Sampaio, & Barroso, 2022).

Alternativa para determinação do número de ligações químicas do tipo dativa

Elaborar alternativas que visam a resolução de problemas, é abrir um novo caminho para o desenvolvimento com sucesso do processo de ensino-aprendizagem, pois, ela facilita a resolução de muitos problemas (Gerhardt & Silveira, 2009; Gil, 2008; Marconi & Lakatos, 2003; Zassala, 2012; Prodanov & Freitas, 2013).

Fruto das dificuldades que os alunos apresentaram na aplicação da regra tradicional em problemas que envolve moléculas com número de átomos elevado levou ao autor deste artigo a fazer uma reflexão profunda sobre esta situação, e com a intenção de contribuir na resolução deste problema pensou e desenvolveu uma alternativa que se fundamenta em uma simples fórmula matemática e passos algorítmico. A criação da mesma surge a base dos conhecimentos sobre valência e eletronegatividade, a mesma é fácil de ser aplicada, basta conhecer o elemento mais eletronegativo e as valências dos átomos que compõem o composto será capaz de determinar o número e o tipo de ligações presente na molécula independentemente do número de átomos. A alternativa obedece o seguinte enunciado:

O número de ligações químicas do tipo dativas/coordenadas em um composto inorgânico é a metade da diferença entre o produto da valência com o número de átomos do elemento mais eletronegativo pelo somatório dos produtos das valências com o número de átomos dos elementos menos eletronegativo presente no composto.

Matematicamente é:

$$NDc = \frac{a \times v - (x_1 \times v_1 + x_2 \times v_2 + x_3 \times v_3 + \dots)}{2} \text{ ou } NDc = \frac{1}{2} \left[ a \times v - \left( \sum_{i=1}^n x_i \times v_i \right) \right] \quad (1)$$

### Onde:

**NDc:** número de ligações covalente coordenadas;

a: é o número de átomo do elemento mais eletronegativo presente no composto;

x: indica o número de átomo dos demais elementos presentes no composto;

v: representa a valência de cada elemento presente no composto;

**Nota:** A fórmula só é aplicável:

- ◆ Em compostos e iões inorgânicas formados pelos elementos representativos;
- ◆ Quando o elemento mais eletronegativo é bivalente;
- ◆ E quando  $a \times v \geq (x_1 \times v_1 + x_2 \times v_2 + \dots)$ ;

Consequências deste passo:

- ◆ O número de ligações covalente normais ou comuns é indicado simplesmente pelo resultado do produto da valência pelo nº de átomo dos elementos não metálicos menos eletronegativos;
- ◆ Se o composto for iônico o produto da valência pelo nº de átomo do metal indica o nº de ligações iônicas;
- ◆ Se for um ião a carga do ião considera-se como uma valência e torna-se parte do somatório, mas não fazendo parte do número de ligações.

Para averiguar a eficiência do método aplicou-se o mesmo na resolução de alguns problemas envolvendo ligações químicas, como mostra os seguintes exemplos:

Determinar o número e o tipo de ligações presente nos seguintes compostos e ião:

- a)  $\text{H}_2\text{SO}_4$       b)  $\text{Pb}(\text{OH})_2(\text{ClO}_3)_2$       c)  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$       d)  $\text{CO}_2$  e)  $\text{PO}_4^{3-}$

**Resolução (a):** Ao resolver problemas dessa natureza aplicando alternativa, deve-se proceder com o seguinte algoritmo:

**Passo 1:** Deve-se analisar se o composto é formado exclusivamente por elementos representativos e se o elemento mais eletronegativo é bivalente.

Nota-se que todos os elementos que compõem a molécula  $\text{H}_2\text{SO}_4$  são representativos e o elemento mais eletronegativo é o oxigénio que é bivalente.

**Passo 2:** Verificar através de cálculos se o produto do número de átomo do elemento mais eletronegativo pela sua valência é maior ou igual a soma dos produtos do número de átomos do elemento menos eletronegativo pelas suas valências.

Nota-se que a molécula  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tem 2 átomos de H, 1 átomo de S e 4 átomos de O. Ainda é sabido que o S e O têm a valência 2 ao passo que o H tem a valência 1. Assim verificando através de cálculos a condição deste passo temos:

$$a \times v \geq \sum_{i=1}^n x_i \times v_i \Rightarrow 4 \times 2 > 2 \times 1 + 2 \times 1 \Rightarrow 8 > 4 \quad (2)$$

Condição obedecida.

**Passo 3:** Se o problema obedecer o passo 1 e 2, faz-se então a substituição dos resultados obtido no passo 2 na fórmula e consequentemente determina-se o número de ligações coordenadas.

Denota-se que os passos 1 e 2 foram obedecidos assim substituindo os resultados do passo 2 na fórmula temos:

$$\text{NDc} = \frac{1}{2}(8 - 4) = \frac{4}{2} = 2 \quad (3)$$

**Passo 4:** Responder o problema, isto é, dizer o número e tipo de ligações presente no composto.

Pelo resultado pode se dizer que a molécula de ácido sulfúrico possui duas (2) ligações covalentes coordenadas e 4 ligações covalentes normais.

Ressaltar que alínea (a) foi resolvida demonstrando como se processa os passos do método. Já a seguir serão apresentados a resolução das demais alíneas mais ocultando os passos. Assim temos:

Línea b.  $\text{Pb}(\text{OH})_2(\text{ClO}_3)_2$  Todos elementos são representativo e o oxigénio é mais eletronegativo aplicando a fórmula temos:

$$\text{NDc} = \frac{1}{2}[8 \times 2 - (4.1 + 2.1 + 2.1)] = \frac{16 - 8}{2} = \frac{8}{2} = 4 \quad (4)$$

Resposta a molécula de cloratodibásico de chumbo (IV) possui 4 ligações covalentes normais, quatro (4) ligações iónicas (refere-se as 4 ligações do chumbo) e quatro (4) ligações covalentes coordenadas.

Línea c.  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$

$$\text{NDc} = \frac{1}{2}[7 \times 2 - (4.1 + 3.2)] = \frac{14 - 10}{2} = \frac{4}{2} = 2 \quad (5)$$

O resultado mostra que a molécula de pirofosfato de sódio possui 6 ligações covalentes normais, quatro (4) ligações iónicas (refere-se as 4 ligações do sódio) e duas (2) ligações covalentes coordenadas.

Línea d)  $\text{CO}_2$

$$\text{NDc} = \frac{1}{2}(2 \times 2 - 4 \times 1) = \frac{4 - 4}{2} = \frac{0}{2} = 0 \quad (6)$$

Logo o composto não possui ligações coordenadas mas apresenta quatro ligações covalentes normais.

Línea e.  $\text{PO}_4^{3-}$

$$\text{NDc} = \frac{1}{2} [4 \times 2 - (3 + 3.1)] = \frac{8 - 6}{2} = \frac{2}{2} = 1 \quad (7)$$

Logo, o ião fosfato possui 3 ligações covalentes normais e uma (1) ligação covalente coordenada. Destacar que neste caso o número de ligações normais é 3 e não 6 porque a carga do ião não conta no número de ligações conforme se destaca nas consequências a fórmula. Notou-se uma clara eficiência da alternativa quanto a determinação do número de ligações, mostrando que não é necessário recorrer ao uso da fórmula eletrónica ou estrutural conforme de mostra a regra convencional/tradicional.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como reflexo do estado cognitivo dos alunos inquiridos antes e depois da aplicação da alternativa desenvolvida nesta pesquisa, fez-se uma breve análise dos dados coletados em cada uma das sessões através do parâmetro estatístico de crescimento e ganho normalizado de Hake, o qual corresponde à diferenciação das respostas certas entre os testes prognóstico e diagnóstico em termos absoluto e percentual, conforme apresentado pela da tabela nº 3.

**Tabela 3.**

*Crescimento e ganho normalizado de Hake*

Alíneas	Teste diagnóstico ( $X$ )		Teste prognóstico ( $Y$ )		Crescimento ( $Y - X$ )	Ganho normalizado de Hake $(g) = \frac{\% (Y) - \% (X)}{100 - \% (X)}$	Observação de ganho de Hake
	Certa	%	Certa	%			
a)	15	37,5	35	87,5	20	0,8	Alto Ganho
b)	11	27,5	30	75	19	0,7	Alto Ganho
c)	10	25	37	92,5	27	0,9	Alto Ganho
d)	7	17,5	29	72,5	22	0,7	Alto Ganho
Média	10,75	26,88	32,75	81,88	22	0,8	Alto Ganho

Fonte. Elaboração Própria.

Nesta conformidade, com base aos dados descritos acima, atendendo as normas de interpretação do crescimento e ganho normalizado, sendo que o crescimento representa um ganho de aprendizagem considerável quando é positivo, um retrocesso na aprendizagem no caso de ser negativo ou não exerce nenhuma influência no caso de ser nulo; enquanto o ganho normalizado de Hake representa um impacto positivo na aprendizagem dos alunos se for maior ou igual a 0,7 (Cantão, 2017; Ramalho, 2019); tal como demonstram os dados tabelados acima.

Apesar da enorme diferença produzida por cada perspetiva de tratamento dos números de ligações moleculares, é a única forma presente nas literaturas científicas antes citadas, não obstante as dificuldades com que muitos alunos se deparam nessa vertente constatadas por meio da experiência pessoal do autor o reconhecimento da falta de uma via alternativa; situação na base da estruturação da forma alternativa apresentada nessa pesquisa, embora limitada para situações de compostos inorgânicos em que o elemento mais eletronegativo é bivalente.

## CONCLUSÕES

As atividades desenvolvidas nos permitiram compreender sobre as dificuldades oferecidas pela forma convencional perante a determinação do número de ligações covalente coordenadas presentes numa molécula composta, sendo que a forma alternativa apresentada demonstrou ser relativamente

mais exequível, embora limitada apenas para compostos inorgânicos em que o elemento mais eletronegativo é bivalente, sendo esta a sua grande limitação.

Apesar de tal limitação, a forma alternativa permite em situações específicas, efetuar análise em torno de um conjunto de compostos que possuem um número elevado de átomos; apresentando igualmente diretrizes para que futuros investigadores procurem solucionar seus problemas com base às necessidades dos diferentes estudos e outras perspectivas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkins, P., & Jones, L. (2012). *Princípios da química questionando a vida moderna e o meio ambiente* (5º ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Berbaum, L. C., & Maldaner, O. A. (2016). *Estratégias de ensino do conteúdo tabela periódica e sua relação com a aprendizagem conceitual em aulas de química*. Técnico-científico.
- Boni, & Goldano. (2007). *Introdução a Química Geral*. Porto Alegre: Tchê Química.
- Borges, A. I. (2008). *Interface "Comparação de Curvas de Crescimento": Aplicação Informática para o auxílio na comparação de Curvas de Crescimento de populações de peixes*. Porto.
- Borges, G. B., & Alves, J. A. (2017). *Apostila de Química Pró-Técnico*. Varginha.
- Bosquinhá, G. (s.d). *Minimanual de Química Teoria e Prática* (2ª ed.). São Paulo: RIDEEL.
- Cantão, P. C. (2017). *Desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de genética e seus aspectos químicos no ensino médio*. Universidade Federal do Pampa , Bagé.
- Chang, R., & Goldsby, K. A. (2013). *QUÍMICA* (11ª edição ed.). Porto Alegre: McGraw-Hill.
- Coelho, A. L. (2015). *Química Inorgânica Descreta*. Fortaleza : EdUECE.
- Coelho, A., & Octávio, M. J. (s.d.). *Química 7ª Classe*. Lda-Angola: Texto Editora.
- Daltamar, M., & Blanch. (2007). *Química Geral Fundamentos*.
- Dias, D. L. (18 de Agosto de 2020). *Dicas para cálculos na Eletrólise*. Obtido de Alunos Online: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/leis-eletrolise.htm>
- Feitosa, E. M., Barbosa, F. G., & Forte, C. M. (2016). *Química Geral I*. Fortaleza: EdUECE.
- Fernandes, L. d. (2019). *Conceituação da ligação covalente por licenciandos em química*. Salvador.
- Fernandes, L. d., & Campos, A. F. (2012). *Pesquisas em periódicos nacionais e internacionais sobre o ensino e aprendizagem de ligação química*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.
- Fogaça, J. R. (14 de Dezembro de 2022). *Escola Brasil*. Obtido de Ligação Covalente Dativa ou Coordenada: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/quimica/ligacao-covalente-dativa-ou-coordenativa.htm>
- Freitas, H. W., Sampaio, C. d., & Barroso, M. C. (14 de Junho de 2022). Metodologias para o ensino de ligações químicas na Educação Básica: uma revisão sistemática de literatura.
- Gerhardt, T. A., & Silveira, T. D. (2009). *Método de Pesquisa* (1º ed.). São Paulo: UFRGS.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa de ciências sociais*. (6ª, Ed.) São Paulo: ATLAS S.A.
- Júnior, C. A., Jesus, D. P., & Júnior, G. G. (08 de 03 de 2022). Química verde e a Tabela Periódica de Anastas e Zimmerman: Tradução e Alinhamentos com o desenvolvimento sustentável.
- Makonga, A. B. (2022). *Fascículo de Química Geral 1º Ano de Química*. ISCED- Uíge.
- Marconi, M. d., & Lakatos, E. M. (2003). *Fundamento de metodologia Científica* (5ª ed.). São Paulo: ATLAS S.A.
- Marques, A. F., & Magnoni, M. d. (2016). *Ciências da Natureza*. São Paulo: Cultura Acadêmica.

- Melo, N. R., Alexandre, J. Y., Bezerra, F. H., & Pereira, W. G. (s.d.). Chemistry liqui: uma proposta de jogo para o ensino de ligações químicas. Obtido de [www.conapesc.com.br](http://www.conapesc.com.br)
- Nogueira, H. S., & Porto, P. A. (28 de 11 de 2018). O conceito de valência em livros didáticos de química geral entre as décadas de 1890 e 1940. p. 14.
- Oliveira, B. R. (2015). *A análise estatística de curvas de crescimento sob o enfoque clássico e Bayesiano: aplicação à dados médicos e biológicos*. Ribeirão Prest - SP.
- Oliveira, V. B., Boralho, P. O., Júnior, R. N., & Mascarenhas, M. A. (05 de 12 de 2015). Tabela periódica: uma tecnologia educacional histórica. *ensino de ciências e matemática*.
- Pacheco, L. L. (2019). *Gilbert lewis e a delicada tessitura da teoria do par compartilhado*. Juiz de fora.
- Paralovo, J. L. (2020). *Um novo olhar sobre as ligações químicas*. Fluminense - Brasil.
- Peruzzo, F. M., & Canto, E. L. (2003). *Química na abordagem do cotidiano* (3<sup>a</sup> ed., Vol. 3). São Paulo: Moderna.
- PrePara Enem. (18 de 02 de 2023). Obtido de <https://www.preparaenem.com/quimica/o-que-valencia.htm>
- Prodanov, C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico* (2 ed.). Rio grande do Sul.
- Ramalho, R. d. (2019). *O ensino de cinemática apoiado na metodologia peer instruction para alunos de eja*. Universidade Federal do Amazonas, Departamento Física, Brasilia .
- Reis, M. (2016). *Química - Ensino Médio* (2<sup>a</sup> ed.). São Paulo: Ática.
- Russell, J. B. (1994). *Química Geral* (2<sup>a</sup> ed., Vol. 1). São Paulo: Pearson Editora.
- Santos, A. L. (2019). *Métodos geradores de modelos de crescimento e decrescimento aplicado às ciências agrárias*. Recife.
- Silva, C. L. (2017). *A tabela periódica como jogo didático para o ensino de química*. ARAPICA-AL.
- Silva, S. P., & Campos, A. F. (10 de 29 de 2018). O ensino de ligação química por meio de situação-problema com estudantes do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências* V.13, No.5.
- Souza, I. L., & Aires, J. A. (07 de 2022). A construção coletiva da ligação química por químicos: um estudo sobre a emergência de um fato científico. *Revista Brasileira de História da Ciência, ISSN 2176-3275*, v. 15, n. 2, p. 516- 540.,
- Usberco, J., & Salvador, E. (2002). *Química volume único* (5<sup>a</sup> ed.). São Paulo: Saraiva.
- Zassala, C. (2012). *Iniciação à pesquisa científica*. Luanda: Mayamba.
- Síntese curricular dos autores**
- Júnior João Américo**, licenciado e destacado docente do Instituto Superior de Ciências de Educação do Uíge (ISCED – Uíge), província do Uíge, Angola.
- Isaías dos Santos Manuel Pedro**, docente do Instituto Superior de Ciências de Educação do Uíge (ISCED – Uíge), província do Uíge, Angola. Mestre em Meio Ambiente e Sustentabilidade na Especialidade de Energias Renováveis.