



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Campus Agreste

Núcleo de Formação Docente

Curso de Química - Licenciatura



Magdalena Laurence Tavares Omena

**LIGAÇÕES QUÍMICAS: CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DE UM CURSO DE
QUÍMICA LICENCIATURA DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Caruaru

2021

MAGDALENA LAURENCE TAVARES OMENA

**LIGAÇÕES QUÍMICAS: CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DE UM CURSO DE QUÍMICA
LICENCIATURA DO AGRESTE PERNAMBUCANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Química-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Graduação em Química.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula de Souza de Freitas

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

O55l Omena, Magdalena Laurence Tavares
Ligações químicas: concepções dos estudantes de um curso de química licenciatura do Agreste pernambucano. / Magdalena Laurence Tavares Omena. – 2021.
60 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Ana Paula de Souza de Freitas.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, **Licenciatura em Química**, 2021.
Inclui Referências.

1. Química – Estudo e ensino. 2. Ligações químicas. 3. Aprendizagem. I. Freitas, Ana Paula de Souza de (Orientadora). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.) UFPE (CAA 2021-208)

MAGDALENA LAURENCE TAVARES OMENA

LIGAÇÕES QUÍMICAS: CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DE UM CURSO DE QUÍMICA
LICENCIATURA DO AGRESTE PERNAMBUCANO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Graduação em Química.

Aprovada em: 01/09/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Paula de Souza de Freitas (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Roberta Pereira Dias (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, e depois a toda minha família por todo o suporte e motivação que me deram durante a minha graduação, especialmente minha mãe e irmão que estiveram ao meu lado em todos os momentos.

Gostaria também de agradecer a todos os meus professores, que ajudaram durante toda a minha jornada de construção de conhecimento, com destaque para minha orientadora, Prof.^a Ana Paula Souza, que me cobrou muito para que este trabalho estivesse pronto, mas que também me ajudou em tudo o possível, sem ela, este trabalho não seria finalizado. Além das professoras Roberta Dias e Girleide Torres, que durante a graduação me inspiraram de forma ímpar.

Por fim não poderia deixar de agradecer a todos os meus amigos que sempre estiveram comigo e não me deixaram desanimar em nenhum momento, em especial Isak, Lucas, Rafaella, Suyane e Williane. A vocês também digo obrigada por compartilharem essa jornada comigo.

“Não é na ciência que está a felicidade, mas na aquisição da ciência”.

(Edgar Allan Poe)

RESUMO

O conteúdo de Ligações Químicas é uma das bases para o conhecimento químico, e a forma e os recursos utilizados pelo professor para promover a aprendizagem, por parte dos alunos, são de extrema importância para o entendimento da química, pois caso contrário o não entendimento desse conteúdo pode gerar concepções alternativas que acabam prejudicando o aprendizado do aluno. Sendo assim, este trabalho buscou investigar as concepções dos estudantes de períodos inicial e final do curso de Química Licenciatura, do Campus Agreste, sobre o conteúdo de Ligações Químicas. A pesquisa aqui desenvolvida caracteriza-se como sendo descritiva com uma abordagem qualitativa. Os resultados foram coletados a partir de dois questionários diferentes, disponibilizados aos alunos via Google Formulários, sendo um deles aplicado aos alunos do primeiro período do curso e o outro aos alunos do décimo período. Através da análise dos resultados, notou-se que as concepções dos estudantes destes períodos apresentam vários aspectos similares, sendo alguns deles equivocados e outros simplistas, o que pode ser reflexo da abordagem anterior apresentada em seu Ensino Médio, estes aspectos foram notados tanto nos alunos do período inicial quanto do final, com isso notamos que mesmo após passarem pelos componentes curriculares da graduação, vários dos conceitos prévios aprendidos por esses alunos não foram desconstruídos. Sendo assim, a partir dos resultados podemos sugerir que a abordagem sobre Ligações Químicas vista por estes alunos durante o Ensino Médio, enraizou-se de tal forma que mesmo com os componentes curriculares presentes na graduação, as concepções desenvolvidas anteriormente ainda são utilizadas, fazendo com que eles deixem de lado abordagens mais aprofundadas. Esse cenário nos aponta que é preciso conhecer as concepções alternativas dos alunos, para que a partir delas sejam pensadas estratégias de ensino que os auxiliem a entender de fato o conceito conseguindo aplicá-lo em diferentes contextos.

Palavras-chave: Ligações Químicas. Ensino de Química. Concepções Alternativas.

ABSTRACT

The content of Chemical Bonds is one of the bases for chemical knowledge, and the form and resources used by the teacher to promote learning by students are extremely important for the understanding of chemistry, otherwise the lack of understanding of this content can generate alternative conceptions that end up harming student learning. Thus, this work sought to investigate the conceptions of students from the initial and final periods of the graduation Chemistry course, at Campus Agreste, about the content of Chemical Bonds. The research developed here is characterized as being descriptive with a qualitative approach. The results were collected from two different questionnaires, made available to students through Google Forms, one of which was applied to students in the first period of the course and the other to students in the tenth period. Through the analysis of the results, it was noticed that the conceptions of the students of these periods have several similar aspects, some of them being mistaken and others simplistic, which may be a reflection of the previous approach presented in their High School, these aspects were noticed both in the students. from the initial and final period, with this we notice that even after going through the curricular components of graduation, many of the previous concepts learned by these students were not deconstructed. Thus, from the results we can suggest that the approach on Chemical Bonds seen by these students during high school was rooted in such a way that even with the curricular components present in graduation, the concepts developed previously are still used, making let them set aside more in-depth approaches. This scenery shows us that it is necessary to know the students' alternative conceptions, so that, based on them, teaching strategies that help them to really understand the concept, being able to apply it in different contexts, are designed.

Keyword: Chemical Bond. Chemistry Teaching. Alternative Conceptions.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	REFLEXÕES SOBRE O ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA	13
3.2	O ENSINO DO CONTEÚDO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS	15
3.3	CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS SOBRE O CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA	17
3.4	LIGAÇÕES QUÍMICAS: ASPECTOS CONCEITUAIS	20
3.4.1	Modelos de representação de ligações químicas	20
3.4.2	Ligação iônica	22
3.4.3	Ligação covalente	24
3.4.4	Ligação metálica	25
3.4.5	Modelo quântico aplicado a ligações químicas	26
4	METODOLÓGIA	28
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	28
4.2	SUJEITOS E CAMPO DA PESQUISA	28
4.3	COLETA DE DADOS	29
4.4	ANÁLISE DE DADOS	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1	RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS DO PRIMEIRO PERÍODO	32
5.2	RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DOS ALUNOS DO DÉCIMO PERÍODO	39
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS	52
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA OS ALUNOS DO PERÍODO	

INICIAL	56
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PARA OS ALUNOS DOS	
PERÍODOS FINAIS	58

1 INTRODUÇÃO

Dentro da escola o ensino de ciências passa por diversos problemas: falta de infraestrutura para trabalhar os conteúdos, falta de formação continuada para os professores, dificuldades de aprendizagem dos alunos, que algumas vezes está associada à falta de uma base teórica anterior ao nível de ensino em que ele se encontra.

No caso específico do ensino de química, os professores desta disciplina, costumam enfrentar dificuldades durante o ensino de alguns conteúdos considerados abstratos e de difícil compreensão por parte dos alunos (ARAÚJO *et al.* 2015). Entre esses conteúdos, temos o de Ligações Químicas que, dependendo da forma utilizada pelo professor para abordá-lo, pode gerar dúvidas e prejudicar o entendimento pelo aluno, devido aos aspectos abstratos.

Sendo esse um dos conteúdos base para que os alunos possam compreender outros conceitos químicos, como por exemplo, entender como as ligações químicas interferem nas características dos átomos, moléculas e no comportamento de materiais, é essencial para o processo de ensino e aprendizagem.

Dessa forma, as dificuldades na compreensão deste conceito podem levar os estudantes a desenvolverem concepções alternativas e que não, necessariamente, refletem a definição científica aceita, já que a abordagem utilizada pelo professor pode afetar diretamente na interpretação dos alunos. Sobre isso, Melo (2002) destaca que os modelos utilizados para o ensino devem refletir de forma adequada a relação entre as dimensões micro e macro, levando os alunos a formarem um conceito mais próximo ao científico e que possa ser aplicado minimizando os erros.

Para Fernandez e Marcondes (2006) as dificuldades de diálogo entre as representações utilizadas pelos professores e as relações desenvolvidas pelos alunos é um dos principais pontos que levam a confusão no conteúdo de ligações químicas. Ainda segundo as autoras, os próprios estudantes já possuem conhecimento prévio, mesmo que superficial e informal, o que influencia na construção de analogias a partir dos modelos apresentados, nem sempre resultando naquilo que é esperado por parte do professor.

Essa situação se repete ao longo de toda vida acadêmica do estudante, até que ele consiga, de forma satisfatória, desenvolver um modelo que seja viável para análises microscópicas, o que demanda embasamento teórico e um ensino competente que nem todos os alunos terão acesso. Sobre isso, Pozo e Crespo (2009) destacam que, a aprendizagem de ciências é basicamente a comparação e diferenciação de modelos, cabendo ao professor

demonstrar esses modelos da forma mais clara possível e aos alunos a interpretação mais próxima do conhecimento científico.

Vindos deste contexto, alunos entram na universidade apresentando lacunas na aprendizagem, o que acaba prejudicando seu desenvolvimento acadêmico. No curso de Química Licenciatura, foco deste trabalho, os conceitos formados por estes estudantes podem ser modificados ou não mediante as disciplinas cursadas ao longo do curso. Esta mudança depende de vários aspectos, entre eles o quão enraizados estão os conceitos previamente aprendidos nesses alunos e o quanto eles podem influenciar na mudança de pensamento deles.

Sendo assim, o presente trabalho visou investigar as concepções dos estudantes do curso de Química Licenciatura do Campus Agreste sobre o conteúdo de Ligações Químicas. Participaram da pesquisa alunos recém ingressos no curso e, também, dos períodos finais, assim esperamos entender se após cursarem as disciplinas ministradas ao longo da graduação, há ou não uma modificação no entendimento do conceito pelos alunos.

O estudo traz um embasamento teórico sobre o ensino de ligações químicas, as concepções alternativas apresentadas pelos alunos e os aspectos conceituais do conteúdo, além da análise das concepções dos alunos, obtidas através das respostas dos questionários aplicados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar as concepções dos estudantes de períodos inicial e final do curso de Química Licenciatura do Campus Agreste sobre o conteúdo de Ligações Químicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as concepções em relação ao conteúdo de ligações químicas dos estudantes recém ingressos no curso;
- Avaliar se há um aprofundamento no entendimento sobre o conteúdo por estudantes que estão no último período da graduação.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 REFLEXÕES SOBRE O ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

Uma das grandes dificuldades do âmbito educacional é levar os estudantes a construção do conhecimento, este processo passa diretamente pela relação entre o ensino e a aprendizagem, um processo que envolve professores e alunos. Nesse contexto, os professores precisam atuar como guias neste processo, tentando incentivar os alunos a buscarem essa construção e os direcionando durante os estudos, já os alunos embarcam nessa jornada e são estimulados a partir de novos descobrimentos. Dessa forma,

[...] para que o professor possa ensinar bem, é necessário que ele saiba bastante sobre o fenômeno de aprender e, ainda, como os diferentes estudantes aprendem e quais são as condições necessárias para que uma aprendizagem significativa e que valha a pena possa acontecer. (BRAATHEN, 2012, p. 63)

Entretanto, a atual situação das salas de aulas lotadas na rede pública de ensino, as deficiências estruturais, e, até mesmo, a falta de materiais, em alguns casos, afetam de forma direta o processo de ensino e aprendizagem gerando dificuldades em seu desenvolvimento (FERREIRA, 2017). Nesse caso, os professores para conseguirem desempenhar o seu trabalho necessitam de estratégias muito mais criativas e que possam atuar de forma eficaz na aprendizagem dos alunos.

Além disso, tratando especificamente dos professores da disciplina de química, a barreira do abstrato contribui ainda mais para dificultar esse processo, já que a maioria dos assuntos da ementa da disciplina envolvem aspectos microscópicos da matéria e dependem muito da forma de exposição do professor para que o aluno consiga entender o conteúdo.

Sobre isso, a Secretaria de Educação do estado de Pernambuco destaca que para que os fenômenos químicos possam ser melhor compreendidos devem se aproximar de situações cotidianas, para que o aluno consiga fazer as devidas associações.

As explicações dos fenômenos são baseadas em modelos abstratos, que envolvem entidades invisíveis e, por isso, são descritas como modelos ou representações mentais, tais como átomos, moléculas e íons. Para nos referirmos a essas espécies químicas ou explicar as suas inter-relações, utilizamos uma representação simbólica. A linguagem química utiliza símbolos, fórmulas, equações químicas, esquemas, gráficos e equações matemáticas, constituindo, portanto, uma representação abstrata. Por isso, quanto mais próximos do cotidiano forem os fenômenos estudados, maior será a possibilidade de sua compreensão pelos estudantes (SECRETARIA DE EDUCAÇÃO, 2013, p. 35).

Por isso, é de extrema necessidade que o professor utilize diferentes estratégias e recursos para expor o conteúdo, buscando metodologias que possam suprir as necessidades de aprendizado dos estudantes e cumprir os parâmetros pré-estabelecidos pelos documentos oficiais, por outro lado, o Estado precisa fornecer condições mínimas de trabalho para que os professores possam executar sua função de forma apropriada.

Refletindo a respeito dos métodos de ensino, vários fatores influenciam nos métodos adotados pelos professores, para Lemow (2010) ensinar com entusiasmo e promover uma relação dinâmica e ativa são fatores essenciais para se motivar um estudante a tentar construir seu próprio aprendizado. Além disso, é necessário que o professor apresente o conhecimento necessário do conteúdo e que tenha os recursos para executar a estratégia pensada.

Uma estratégia bem planejada, associada a um ambiente propício para o aprendizado, gera uma aprendizagem com significado para o aluno, podendo promover o entendimento e a ressignificação do conceito aprendido por ele, tornando-o capaz de aplicá-lo em outras situações pertinentes. Infelizmente, este tipo de contexto está longe da atual situação da educação básica nacional, se tratando de educação pública essa distância aumenta ainda mais, isso se deve também a cultura da aprendizagem mecânica, baseada na memorização e que pouco agrega ao desenvolvimento intelectual do aluno (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1978).

Portanto, é importante ressaltar que a aprendizagem é construída pelos alunos, e os professores auxiliam nessa construção, seja ela através de estratégias previamente planejadas ou por meios gerados de acordo com a situação de cada aluno (ENTWISTLE; RAMSDEN, 1982). Assim, é necessário que o professor compreenda qual a melhor forma de ajudar o aluno durante esse desenvolvimento, para isso ele precisa compreender as concepções alternativas do estudante, pois estas serão o ponto de partida para a construção do conhecimento novo.

Essas concepções alternativas apresentadas pelos alunos derivam de várias situações vividas ao longo de toda sua vida escolar, como por exemplo, os materiais utilizados, a forma de exposição dos professores, o tempo utilizado para desenvolvimento do conteúdo etc. No caso dos recursos didáticos utilizados, um dos mais comuns é o livro didático, pois ele se torna base para o planejamento e desenvolvimento das aulas por todo ano letivo, embora os professores venham cada vez mais adotando esse recurso como uma ferramenta de auxílio e não de base, entretanto, sua presença ainda é de extrema importância para o desenvolvimento das aulas e aprendizagem dos alunos (FREITAS; COSTA, 2017).

Com isso é importante escolher bem o material didático utilizado, assim como é importante que esses materiais sejam reformulados com o passar do tempo, acompanhando a dinamicidade do processo de ensino e aprendizagem, evitando, desta forma que eles se tornem irrelevantes, caindo assim em desuso. Portanto, uma abordagem planejada e com boa base teórica é de total importância para que se possa decidir quais e como usar os diferentes recursos, garantindo que o instrumento cumpra seu papel no processo de ensino e aprendizagem.

3.2 O ENSINO DO CONTEÚDO LIGAÇÕES QUÍMICAS

Para diversas áreas da química que envolvem o nível microscópico do conhecimento, o ensino de seus conteúdos se torna um desafio, pois é preciso pensar bem na escolha da abordagem para ensiná-los, na tentativa de promover a aprendizagem dos alunos. Tratando-se do conteúdo de ligações químicas, esse problema está presente na discussão apresentada por Araújo *et al.* (2015), na qual os autores destacam que as abordagens utilizadas, principalmente em escolas públicas, não correspondem aos modelos atuais, o que influencia de forma negativa a aprendizagem dos alunos.

Outro aspecto destacado por Medeiros *et al.* (2013) aponta as dificuldades dos alunos na aprendizagem do conceito de ligações químicas, sendo estas desenvolvidas a partir dos pilares apresentados por Lopes (2007): animista (simbologia), verbalista (linguagem) e realista (abstração). Segundo o autor, a combinação destes obstáculos dificulta que os alunos entendam aquilo que o professor tenta ensinar em sala de aula, e para superá-los é preciso apresentar formas dinâmicas de abordagem, além de metodologias alternativas. Isto também pode ser visto na fala de Delamuta *et al.* (2017, p. 53) que destacam alguns aspectos que contribuem para essa dificuldade na aprendizagem como, um

[...] ensino centrado apenas em livros didáticos; falta de contextualização; linguagem utilizada pelos livros didáticos; linguagem utilizada pelos livros e professores; falta de relação dos conceitos a serem ensinados com os conhecimentos prévios dos estudantes.

No caso específico do livro didático, Lopes (1997) destaca que os da área de Ciências dificultam a aprendizagem dos alunos, pela presença de muitas metáforas e analogias que nem sempre estão presentes no cotidiano daqueles estudantes, o que dificulta o entendimento deles.

No caso do conteúdo de Ligações Químicas, além de um bom embasamento teórico são necessários recursos visuais auxiliares, que são de extrema importância para compreensão de conteúdos abstratos. Para Martins (1997), a formação de conceitos está diretamente ligada a visualização de fenômenos, assim para conteúdos que abordam uma esfera microscópica é necessária uma maior e mais variada gama de imagens que possam representar o fenômeno que se quer conceituar.

Sendo assim, uma forma de tentar transpor esses obstáculos, seria incluir as TDIC's (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação) durante as aulas sobre o conteúdo de ligações químicas, apostando em melhores representações que pudessem auxiliar de forma mais eficaz no ensino do conteúdo, facilitando o entendimento dos alunos sobre a teoria, abrindo um novo leque de possibilidades tanto para professores quanto para os alunos. Uma vez que,

os recursos da Internet, os diferentes dispositivos digitais e os softwares educacionais oferecem novas possibilidades, propiciando aos professores a oportunidade de novas formas de ensinar, rompendo velhos paradigmas, e aos alunos melhores condições para construir seu conhecimento. Assim, um novo modelo de aprendizagem é possível, centrado no aluno, no qual ele passa a ter um papel mais ativo e autônomo no seu aprendizado. (LOCATELLI; ZOCH; TRENTIN, 2015, p.2)

Além da inserção de tecnologias, a forma de trabalhar o conteúdo também é importante, assim, metodologias que proponham uma postura mais ativa por parte dos alunos e incentivem um ensino contextualizado pode ser uma boa saída, portanto planejar a aula por meio de uma sequência didática (SD) pode ser um bom caminho escolhido pelos professores para abordar o conteúdo de ligações químicas.

A partir da adoção de uma SD, a abordagem de conteúdos pode se tornar mais dinâmica e atrativa, fugindo do método regular que apenas propõe leitura e resolução de exercícios. Para Pais (2002) a interação entre professor, aluno e aquilo que está sendo estudado é um dos principais elementos que tornam uma SD eficaz, pois as atividades podem tomar um tom cada vez mais investigativo dependendo das estratégias e recursos utilizados, instigando o aluno a pesquisar e se desenvolver.

Nesse contexto, também é importante apontarmos o papel do professor, que deve atuar como um guia, orientando os alunos e incentivando as discussões e novas perspectivas de abordagens. Portanto,

é preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos propostos (CARVALHO; PEREZ, 2001, p. 114).

Segundo Colombo Jr. e Silva (2020), uma sequência didática ou sequência de ensino e aprendizagem (SEA) representa um esforço a longo prazo, que consegue abordar de forma inovadora os conteúdos propostos, fugindo da didática engessada utilizada por muitas instituições. Os autores propõem um modelo de SEA que consegue desenvolver um bom embasamento teórico nos alunos, além de estimular o desenvolvimento de suas habilidades argumentativas. Isso pode ser alcançado através da produção de materiais didáticos mais acessíveis, atividades práticas, inserção de TDIC's, contextualização do conteúdo etc.

Mas, mesmo com esse tipo de abordagem disponível para o desenvolvimento da relação ensino e aprendizagem, vários profissionais e instituições ainda se apegam aos modelos mais antigos e engessados, que muitas vezes geram mais dúvidas que estimulam o desenvolvimento do conhecimento nos alunos. Essa forma de abordagem tradicionalmente utilizada pode causar certas dúvidas neles, levando-os a concepções alternativas e que precisam ser desenraizadas para que eles possam compreender o conhecimento científico de forma eficaz.

3.3 CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ALUNOS SOBRE O CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA

Conteúdos trabalhados no âmbito microscópico, como é o caso das Ligações Químicas, podem apresentar aspectos abstratos e de difícil compreensão para os alunos que o estudam, gerando dificuldades na formação de um conceito que esteja de acordo com o proposto cientificamente. Para Fernandez e Marcondes (2006), esse tipo de situação ocorre devido ao tipo de apresentação escolhida para o conteúdo, já que sem um modelo eficiente o conceito formado pelo aluno pode se tornar distorcido.

A interdependência de conceitos necessária para se entender o conteúdo também é algo a ser considerado dentro desse cenário, pois para que o estudante seja capaz de entender o conteúdo de Ligações Químicas ele já deve ter um embasamento teórico a respeito da estrutura atômica e de seu funcionamento, ou seja, como se comportam e interagem os elétrons, prótons e nêutrons, entendendo a base para a dinâmica da formação de ligações, isso corrobora com a proposição de Ausubel, Novak & Hanesian (1978) de que uma aprendizagem com significado se desenvolve de forma estruturada e com os conceitos interligados, assim, a deficiência em um conceito base prejudica toda a rede de conhecimento específico.

Segundo um estudo realizado por Fernanda dos Santos & Rafael dos Santos (2017), mesmo estudantes de graduação no curso de Química Licenciatura apresentam conceitos confusos sobre o que são ligações químicas e como os tipos de ligações se diferenciam entre si. De acordo com os autores, isso se deve a deficiências vindas desde o seu contato com o conteúdo no ensino médio, apresentando muitas vezes uma visão simplista e, com o acesso a outras informações a concepção dos alunos é moldada de forma confusa para satisfazer a teoria anteriormente conhecida.

A partir disso é necessário analisar os conhecimentos e modelos prévios concebidos pelos alunos, desenvolvidos desde o ensino médio, para que uma ressignificação possa ser feita de uma forma mais eficaz. Como destaca Müller (2004),

a aprendizagem de conceitos passa necessariamente pela significação que damos ao conhecimento – que passa pela linguagem e pelo pensamento. Um conceito sempre será determinado pelo significado que lhe damos, e sua aprendizagem vincula-se, necessariamente, ao nível da compreensão. Podemos, portanto, afirmar que aprender um conceito é compreender o seu significado, é entender o sentido do que se está aprendendo (MÜLLER, 2004, p. 220).

Nesse contexto, um estudo realizado com estudantes do ensino médio por Costa-Beber & Maldaner (2010), aponta que os estudantes possuem uma grande dificuldade de explicar como uma ligação química funciona. Esse tipo de situação, segundo os autores se deve ao não entendimento de conceitos químicos fundamentais, que gera uma espécie de “efeito dominó”, já que ao não saber um conceito fundamental, tudo que deriva deste acaba tendo uma formulação distorcida, prejudicando o aluno.

Para tentar sanar essa situação, além de um cuidado maior na formação do aluno, é necessário que tenhamos um meio de ensino mais eficiente e menos confuso, de modo que as dúvidas dele possam ser sanadas de formas mais claras, para isso o uso de tecnologia pode ser uma saída, pois adicionar mais meios de visualização do conceito, assim como, uma experiência mais interativa em conjunto com a apresentação do professor, pode melhorar a aprendizagem dos estudantes. De acordo com Maldaner é preciso que os conceitos de uma ciência sejam apresentados

[...] em vários contextos diferentes para que o significado possa evoluir, atingir novos níveis e se consolidar. Esta forma de proceder permite formar o pensamento sobre uma situação sob o ponto de vista de uma ciência, superando a prática de exigir respostas únicas, diretas e fora de qualquer contexto. (MALDANER, 2006, p. 213)

Fazer relação entre o cotidiano e os conceitos científicos pode ser uma forma de tentar apresentar novas informações, desconstruindo conceitos antigos de uma forma mais eficaz e

que cause menos estranheza aos alunos. Uma análise proposta por Wartha *et al.* (2013) indica que essa abordagem já é utilizada desde a década de 80, porém inicialmente apenas para exemplificação, o que acaba por não contribuir de forma efetiva para a aprendizagem, mas segundo os autores com o passar do tempo o seu uso passou a realmente apresentar fenômenos e conceitos químicos dentro do contexto social no qual o aluno está inserido, passando a ter uma abordagem pedagógica mais eficaz.

Além disso, o uso de representações mais dinâmicas e com um nível de interação maior também pode ser um caminho a ser seguido, já que esse tipo de representação pode facilitar o desenvolvimento de uma imagem mental mais coerente, que possibilite ao estudante entender não só uma estrutura de uma ligação, mas também as características e propriedades dela (MAIA *et al.*, 2007).

Em outro estudo Lima *et al.* (2011) indicam que os estudantes recém-ingressos no ensino médio não dominam o conteúdo de Ligações Químicas, confundindo conceitos ainda mais básicos, como átomos, moléculas e elementos químicos, isso foi relacionado pela autora com a metodologia escolhida para a abordagem do conteúdo. Essa não apropriação se reflete durante todo o ensino médio, já que sem uma base teórica desenvolvida, grande parte dos alunos sentem mais dificuldades em outros conteúdos subsequentes, assim, ao terminar esse nível de ensino, muitas dúvidas e conceitos confusos permanecem enraizados nesses alunos.

Estes resultados corroboram com o estudo feito por Mendonça *et al.* (2011) com alunos do ensino médio, no qual verificou-se que mais da metade dos estudantes analisados não eram capazes de entender ou desenvolver uma analogia a partir do conteúdo de ligações químicas, e parte dos que conseguiam sempre inseriam conceitos confusos ou não demonstravam competência para conceituar algo próximo do conceito científico aceito. Ainda segundo as autoras, alunos capazes de fazer essas relações pareciam não ter um domínio completo do conteúdo, o que, segundo a análise, ocorreu principalmente devido a abordagem do professor e aos recursos visuais utilizados.

Ainda nesse contexto, a análise feita por Penha e Silva (2011) mostra que essas deficiências continuam existindo até mesmo em alunos de graduação, que em sua pesquisa apresentaram dificuldades em conceituar de forma científica as ligações químicas, já que eles são favoráveis a ideia de que as ligações químicas não ocorrem apenas para satisfazer a regra do octeto, porém há confusões sobre os aspectos microscópicos de formação delas, sendo que todos já tiveram contato com a teoria sobre o conteúdo.

Colocando todo esse contexto em vista, podemos falar sobre os aspectos conceituais das Ligações Químicas, expondo um pouco sobre sua teoria e a características dos diferentes tipos, visando um melhor embasamento teórico.

3.4 LIGAÇÕES QUÍMICAS: ASPECTOS CONCEITUAIS

O conteúdo de Ligações Químicas é base de conhecimento para vários outros conceitos da disciplina de Química, tanto no ensino médio quanto no Ensino Superior, por isso é necessário que os alunos saibam conceituá-las, explicar como elas se formam e o porquê e quais seus tipos e características.

A partir disso, podemos dizer que Ligações Químicas são interações entre átomos que resultam de forças, em sua maioria eletrostáticas, e geram moléculas, agrupamentos atômicos ou sólidos iônicos, estas ligações podem ser basicamente de três tipos: covalentes, iônicas e metálicas (RUSSEL, 1996). É importante salientar que nenhuma ligação química é totalmente covalente, iônica ou metálica, elas apresentam um caráter predominante que determina sua natureza.

As ligações químicas ocorrem para que haja a diminuição da energia individual dos átomos, perspectiva pouco abordada antes da graduação, e não apenas para satisfazer a regra do octeto, o que é amplamente difundido no ensino médio. Essas mudanças de energia são caracterizadas pela perda, ganho ou compartilhamento dos elétrons de valências (ATKINS, 2006).

Como essa situação pode ser bastante abstrata para o entendimento dos alunos, modelos de representação são utilizados, tanto na graduação quanto no ensino médio, visando demonstrar melhor ao estudante como ocorrem essas ligações.

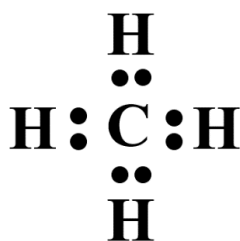
3.4.1 Modelos de representação de ligações químicas

Diferentes modelos são utilizados para representação de uma ligação química, um desses, utilizado principalmente no ensino médio, é o modelo de Lewis (Figura 1), no qual os elétrons, que segundo o modelo participam da ligação, são representados por pontos ao redor do símbolo químico do elemento (RUSSEL, 1996).

Figura 1. Símbolo de Lewis para o Cloro.

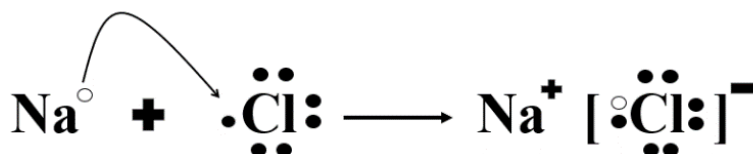
Fonte: Própria autora.

A partir dos símbolos de Lewis, diferentes tipos de ligações químicas podem ser representados, como a covalente, na qual os pontos são posicionados ao redor do átomo central da estrutura, de modo que se tenha a ideia de compartilhamento de elétrons (Figura 2), o que caracteriza a ligação.

Figura 2. Representação das ligações covalentes do metano a partir dos símbolos de Lewis.

Fonte: Própria autora.

Também é possível representar ligações iônicas através desse modelo, como apresentado na figura 3, o sentido da seta indica o elemento que está recebendo o elétron.

Figura 3. Representação da formação de uma ligação iônica no NaCl a partir dos símbolos de Lewis.

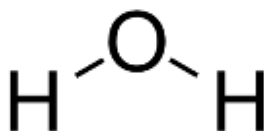
Fonte: Própria autora.

Em ligações iônicas no modelo de Lewis, temos a ideia de ‘movimento’ dos elétrons de valência, onde um átomo ‘perde’ uma determinada quantidade de elétrons transformando-se em um cátion e outro ‘ganha’ esses elétrons, transformando-se em um ânion, o que caracteriza a ligação.

É importante dizer que a representação de Lewis corrobora com a regra do octeto, que também foi proposta por ele, já que a partir dela podemos associar a estabilização de um composto através da configuração com oito elétrons na camada de valência (ATKINS, 2006). Esse tipo de representação se torna mais simples de entender no ensino médio, o que explica sua ampla utilização.

Para estruturas mais complexas, existe a representação estrutural que aborda a geometria do composto. Neste tipo de representação (Figura 4), temos as ligações sendo representadas por traços, que levam em consideração a posição da ligação e sua natureza (BARBOSA, 2004).

Figura 4. Representação estrutural da molécula de água.



Fonte: <https://www.pngwing.com/pt/free-png-yadar/download>

Esse tipo de representação é muito utilizado para entendermos a geometria do composto e determinar algumas características dele, é amplamente utilizado na Química Orgânica, devido ao tamanho das moléculas e estruturas estudadas (BARBOSA, 2004).

Embora essas representações sejam muito importantes para diferenciar cada tipo de ligação química, entender as características de sua natureza diz muito mais sobre elas, assim é extremamente importante que antes de representarmos uma ligação saibamos como e por que ela se forma, assim podemos ter um maior domínio de sua representação entendendo o cenário de formação.

Estas diferentes representações são utilizadas por várias vezes para representar os diferentes tipos de Ligações Químicas, assim cabe especificar as características de cada uma delas para entender melhor o contexto no qual cada uma se forma.

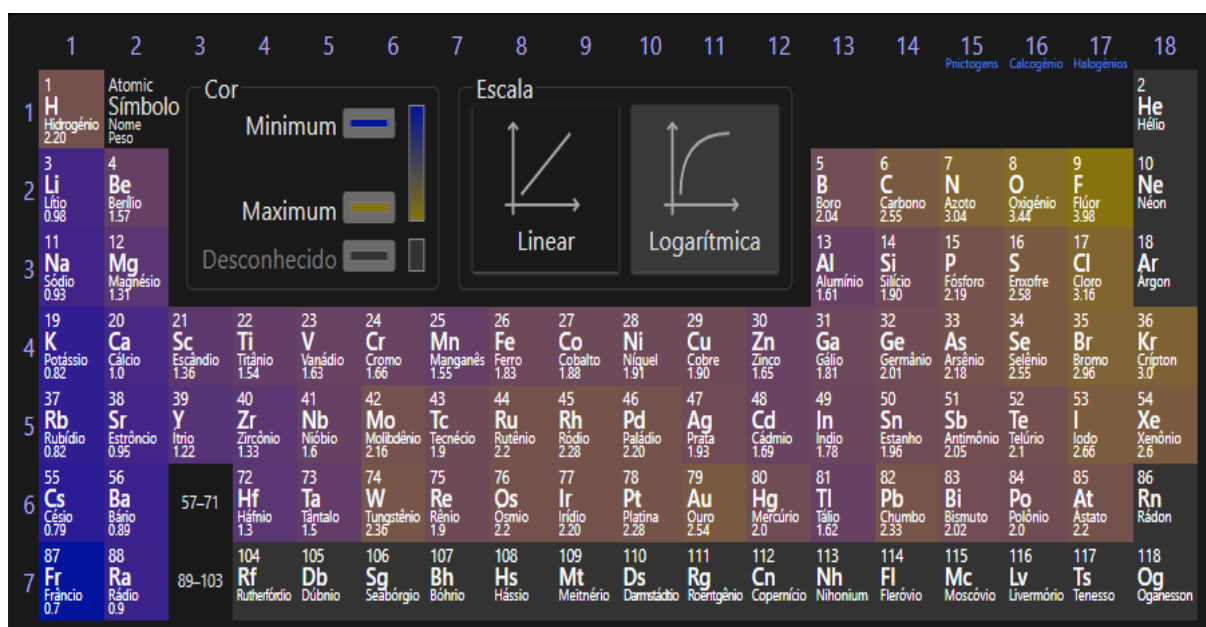
3.4.2 Ligação iônica

Uma ligação iônica é caracterizada pela transferência de elétrons de valência entre dois átomos, esta situação envolve um átomo mais eletropositivo (com tendência a doar elétrons) e um eletronegativo (com tendência de receber elétrons), assim através dessa transferência há a formação de íons, um cátion (espécie com carga positiva) e um ânion (espécie com carga negativa) (RODRIGUES, 2012).

Este tipo de ligação ocorre, geralmente, entre um metal e um não-metal, levando-se em consideração suas características periódicas, entre elas a eletronegatividade de cada átomo. Átomos mais eletronegativos tem a tendência de atrair mais os elétrons para si, enquanto átomos mais eletropositivos tendem a ter uma maior facilidade em doar elétrons (ATKINS, 2006), gerando assim um cenário favorável à formação de ligações iônicas.

Na figura 5 temos os valores de eletronegatividade propostos por Pauling, ainda utilizados muitas vezes para identificar e justificar a formação ou classificação de algumas ligações químicas. Embora a eletronegatividade seja um fator importante, sozinha ela não consegue explicar, de forma eficaz, como as ligações se formam.

Figura 5. Valores de eletronegatividade para os elementos químicos



Fonte: <https://ptable.com/?lang=pt#Propriedades/Eletronegatividade>.

Além da eletronegatividade, também é preciso levar em consideração a energia necessária para formação das ligações, no caso da já representada ligação do NaCl, temos o cátion Na^+ e o ânion Cl^- , formados após a ligação, a energia necessária para retirar um elétron do átomo de Na é muito menor do que a energia necessária para que ele receba um elétron, assim o Na que possui uma eletronegatividade mais baixa (0,9) que o Cl (3,0), tende a doar elétrons ao invés de recebe-los, essa situação é contrária para o átomo de Cl, que possui características opostas, maior eletronegatividade e menor energia para receber elétrons ao invés de doá-los (BROWN *et al.*, 2005).

Assim, o que mantém a estabilidade desse tipo de ligação é a atração entre cargas opostas, pois é necessária uma alta energia para dissociá-los. É importante dizer que para que uma ligação tenha um caráter predominantemente iônico, também é necessário analisar outros parâmetros como raio atômico e polarizabilidade dos átomos envolvidos, que irão influenciar na eletronegatividade e na energia necessária para formação ou quebra da ligação.

Átomos com menor raio atômico tendem a ter um maior poder de polarização (ATKINS, 2006), devido a concentração de cargas, isso também é válido para íons e seus raios iônicos, assim quanto maior for o efeito de polarizabilidade, maior será a atração eletrostática entre esses íons, tornando a ligação mais forte.

3.4.3 Ligação covalente

Uma ligação covalente ocorre por meio do compartilhamento de elétrons entre átomos vizinhos, geralmente ocorre entre não-metais ou átomos que não possuem uma diferença considerável de eletronegatividade, através desse tipo de ligação consegue-se formar compostos moleculares estáveis “juntando” apenas dois átomos, que se satisfazem quimicamente (RODRIGUES, 2012). Assim como nas ligações iônicas, nenhuma ligação química é totalmente covalente, e sim apresenta um caráter predominante de acordo com os átomos envolvidos.

Nas ligações covalentes pode haver o compartilhamento de mais de um par de elétrons, gerando ligações duplas (compartilhamento de dois pares eletrônicos) ou triplas (compartilhamento de três pares eletrônicos). Esses tipos de ligações ocorrem de acordo com os átomos envolvidos e suas necessidades.

Ainda quanto a sua polaridade, podemos caracterizar as ligações covalentes como polares e apolares. Em uma ligação covalente apolar, o compartilhamento de elétrons entre os átomos acontece de forma uniforme, ou seja, não há formação de polos negativos ou positivos na molécula (dipolos elétricos) (BROWN *et al.*, 2005). No caso do metano, molécula representada anteriormente, temos uma diferença irrisória de eletronegatividade entre os átomos de H e C, como também características de polarizabilidade bem semelhantes, assim nenhum átomo exerce uma maior influência sobre os elétrons do outro, gerando nuvens eletrônicas uniformes entre o carbono e os hidrogênios ligantes.

Já em uma ligação química polar há a formação de dipolos permanentes na molécula, isso acontece porque existe um átomo mais eletronegativo e que exerce um efeito de polarização no outro, gerando cargas parciais nas moléculas (ATKINS, 2006). Essas cargas

parciais, geram um polo positivo e outro negativo, dipolo permanente, distorcendo a nuvem eletrônica, criando uma maior densidade eletrônica no polo negativo.

Um exemplo disso é a molécula da água (H_2O), representada anteriormente, onde o oxigênio ocupa essa posição de polo negativo, atraindo para si uma maior densidade eletrônica.

3.4.4 Ligação metálica

Uma ligação metálica ocorre entre metais visando a formação de sólidos metálicos que possam interagir com outros átomos ou compostos. Os átomos participantes desse tipo de ligação possuem poucos elétrons de valência, ou seja, os elétrons localizados no nível energético mais externo, e que estão fracamente ligados aos núcleos atômicos (RODRIGUES, 2012).

A partir desse cenário, temos elétrons que estão suscetíveis a doação, porém sem ter um polo positivo o suficiente para atraí-los, estes átomos se rearranjam entre si, criando um sólido metálico. Neste sólido há um fluxo constante de elétrons, que quando submetido a um campo eletromagnético geram uma corrente capaz de conduzir a eletricidade, além disso, o fato de os elétrons de valência não estarem ligados fortemente a nenhum átomo específico, mas sim sendo compartilhado por todos os átomos confere estabilidade ao material (RODRIGUES, 2012).

Para que uma ligação metálica seja formada, é necessária uma quantidade considerável de átomos metálicos, ao contrário da ligação covalente que necessita de apenas dois para acontecer. Assim, uma quantidade de elétrons deslocalizados flui através do sólido, garantindo a formação estável do arranjo cristalino.

Em ligações iônicas temos a formação de polos eletromagnéticos constantes, em ligações covalentes os vetores de direção gerados pelo compartilhamento de elétrons, determinam o sentido de compartilhamento deles, atribuindo direcionalidade a ligação. Isso não acontece nas ligações metálicas, na qual os elétrons fluem ao longo de todo sólido, garantindo ductilidade a ele (RODRIGUES, 2012)

Assim diferentemente dos outros tipos de ligações citados anteriormente, em uma ligação metálica não há o compartilhamento ou doação dos elétrons de valências e sim a movimentação deles ao longo de um arranjo, o que causa a formação de um sólido com características metálicas.

3.4.5 Modelo quântico aplicado a ligações químicas

Sabemos que atualmente o modelo atômico utilizado para descrever a estrutura e o comportamento dos átomos é probabilístico, no qual levamos em conta a distribuição das cargas, a região provável em que podemos encontrar os elétrons de valência, a força eletrostática envolvida, distância interatômica, entre outros aspectos.

Como já mencionado anteriormente, o principal motivo para que uma ligação seja formada é a diminuição da energia, e consequentemente maior estabilidade do composto molecular formado do que os átomos isolados. Para explicarmos como essas ligações se formam, o modelo de Lewis é muito útil, principalmente quando envolve aspectos qualitativos. Entretanto, para que possamos visualizar e classificar as ligações químicas nós precisamos considerar aspectos como geometria molecular, propriedades espectroscópicas ou a energia da ligação, dessa forma esse modelo se torna um tanto ineficiente (TOMA, 2017). Assim para conseguir analisar as ligações sob essas óticas, o modelo quântico é mais apropriado.

Como no modelo quântico não conseguimos determinar com exatidão onde os elétrons estão localizados, trabalhamos com densidade de carga e as funções de onda de cada orbital para tentar descrever o comportamento dos elétrons. Para isso, em 1926, Erwin Schrödinger apresentou uma equação pela qual, poderíamos determinar alguns parâmetros para análise das ligações químicas como, por exemplo, a função de onda (Ψ) e a energia total do sistema (H) (BAGNATO; MUNIZ, 2012):

$$H[\Psi(\vec{r})] = E\Psi(\vec{r}) \quad (1)$$

Nesta equação, cada valor de Ψ representa um estado e cada estado possui um valor de E (energia do sistema), como estamos tratando de um modelo probabilístico e de acordo com o princípio da incerteza de Heisenberg não podemos descrever com exatidão a energia e a localização do elétron, com esse modelo podemos determinar a região mais provável para encontrá-lo, conseguindo por consequência entender a distribuição espacial das cargas durante a formação da ligação.

Para também conseguirmos entender a distribuição espacial é preciso levar em consideração o Princípio da Exclusão de Pauli, que apresenta que não pode haver em um mesmo átomo dois elétrons com os quatro números quânticos iguais (BAGNATO; MUNIZ, 2012). Como o spin é um número quântico que só pode assumir dois valores, cada orbital só

pode conter até dois elétrons. Quando estes orbitais estão totalmente “ocupados”, com os elétrons de spins diferentes, a energia necessária para a ligação é menor, gerando uma maior estabilidade.

Neste modelo utilizamos os orbitais moleculares para descrever as ligações, estes podem ser descritos como combinações lineares de orbitais atômicos (*s*, *p*, *d* e *f*). As regiões onde há uma maior probabilidade de se encontrar os elétrons para a formação das ligações são representadas pelo quadrado da função de onda, e quando as ligações se formam através da interação dos elétrons há uma combinação construtiva entre os orbitais.

Cada orbital molecular possui características próprias, e os orbitais gerados a partir de sobreposição possuem características mescladas dos orbitais que o geraram. Entre essas características está a energia de cada um deles, expressa pelo coeficiente *C*, quando esses orbitais se combinam para gerar um novo, a energia de cada um possui um coeficiente específico e o nível de contribuição de cada um deles irá determinar as características predominantes do novo orbital formado (TOMA, 2017). Quanto maior a diferença de energia entre os orbitais formadores, aquele que tiver maior energia terá maior valor de *C*, tendo maior contribuição para o novo orbital. Os valores destes coeficientes representam, basicamente, a contribuição eletrônica dos orbitais envolvidos.

Utilizando esses parâmetros, conseguimos explicar de uma forma mais eficiente a ocorrência de uma ligação química, explicando de forma aprofundada cenários que discordam da regra do octeto e de outros contextos explicados pelo modelo proposto por Lewis. Mesmo com a apresentação de discordâncias entre os modelos, é importante salientar que ambos os modelos conseguem explicar a ocorrência das ligações químicas, mas em diferentes contextos, por exemplo, com o modelo de Lewis podemos explicar vários aspectos qualitativos das ligações, o que o torna útil para análises mais simples, já com o modelo quântico conseguimos explorar a formação das ligações utilizando os aspectos citados anteriormente por Toma (2017), entendendo, por exemplo, porque existem exceções à regra do octeto.

4 METODOLOGIA

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Para Prodanov e Freitas (2013, p. 49) “A Pesquisa Científica visa a conhecer cientificamente um ou mais aspectos de determinado assunto. Para tanto, deve ser sistemática, metódica e crítica”, assim para estudarmos determinado campo ou sujeito devemos ter um bom planejamento que possa nos propiciar dados concisos e que nos levem à conclusões pertinentes.

As pesquisas científicas apresentam diversas classificações, essas levam em consideração seu tipo de metodologia, o sujeito ou campo pesquisado, o tipo de coleta de dados a ser feita, além do método escolhido para a análise destes dados.

Nesse contexto, este trabalho buscou compreender quais as concepções de estudantes do curso de Química Licenciatura em relação ao conteúdo de Ligações Químicas, assim esta pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa descritiva, que segundo Gil (2002, p. 42)

[...] têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis. São inúmeros os estudos que podem ser classificados sob este título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática.

Assim como indicado pelo autor, foi utilizado para coleta de dados o questionário em formato de formulário disponibilizado pelo Google Forms, nele foram inseridos questionamentos que nos auxiliem a identificar as concepções dos estudantes.

Esta pesquisa analisou de forma subjetiva as respostas obtidas através do questionário, interpretando e atribuindo sentido a elas, assim, pode ser classificada como uma pesquisa qualitativa de caráter descritivo, para quanto a sua coleta de dados.

4.2 SUJEITOS E CAMPO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada com estudantes dos períodos inicial e final do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) do Campus Caruaru. A instituição oferece o curso de Química Licenciatura no período noturno, com duração de 10 semestres.

Estes estudantes foram selecionados de acordo com o seu período, para que possamos entender suas concepções a respeito do conteúdo Ligações Químicas formadas anteriormente a sua entrada no curso (no primeiro período) e se alunos que cursaram disciplinas mais avançadas, como Química Geral 2 e Química Inorgânica 2 (períodos finais), apresentam concepções mais desenvolvidas e embasadas teoricamente pelo contato com as informações abordadas nos componentes curriculares.

4.3 COLETA DE DADOS

O instrumento escolhido para coleta de dados foi o questionário disponibilizado aos sujeitos da pesquisa por meio de formulário *online* fornecido pela *Google*[®], a partir de um link. Os alunos foram identificados a partir do período em que estão matriculados.

O questionário foi desenvolvido utilizando como base alguns pontos tais como:

- Perfil dos alunos;
- Definição do conceito de ligações químicas;
- Identificação dos tipos de ligações químicas;
- Capacidade de entendimento da representação das ligações químicas;

Embora os questionários respondidos pelos alunos apresentassem diferentes questões, estes buscaram traçar, inicialmente o perfil do aluno, para isso utilizamos perguntas iguais em ambos para verificar como os alunos compreendem e aplicam o conceito de ligação química, no questionário aplicado ao período inicial as perguntas abordavam a teoria de Lewis, e no questionário aplicado ao período final a teoria abordada foi a quântica; também tentou-se compreender como esses alunos entendem e utilizam as diferentes representações das ligações.

O questionário foi elaborado com perguntas abertas e de múltipla escolha, com o intuito de entendermos como esses estudantes compreendem, e são capazes de aplicar o conceito de Ligações Químicas.

4.4 ANÁLISE DE DADOS

Para analisar as respostas obtidas com a aplicação do questionário, foi utilizada a técnica de análise de conteúdo, que segundo Bardin (1995, p. 42) é

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Este método é bastante utilizado em diversas áreas que trabalham com dados de natureza qualitativa e que não podem ser necessariamente tratados em *softwares* estatísticos ou similares, assim essa técnica busca aperfeiçoar o tratamento e utilização desses dados, tornando-os mais claros e úteis quanto ao objetivo da pesquisa (SILVA; FOSSÁ, 2015).

A análise se dividiu em três fases: pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados/ inferência / interpretação.

Na pré-análise, nos familiarizamos com as respostas obtidas dos sujeitos de pesquisa. Estas respostas podem nos dizer quais os pontos mais relevantes para análise e como eles podem se modificar de acordo com as particularidades de cada sujeito. Nesta etapa inicial, foi utilizada também a base de conhecimentos adquiridos durante a construção do referencial teórico, estes nos servirão de guia para as próximas etapas e também como ferramenta de comparação para as análises feitas.

Na segunda etapa elaboramos as seguintes categorias para as respostas coletadas: corretas, parcialmente corretas e incorretas, considerando as definições abordadas no referencial teórico e as considerações apresentadas no Quadro 1, assim foi possível analisar as respostas de uma forma mais organizada e que pudesse nos dar uma melhor visão do sentido apresentado nos resultados encontrados, aproveitando-as de uma forma mais eficaz.

Quadro 1. Classificação das respostas dos alunos

Tipo de resposta	Considerações feitas
Correta	Quando a construção da resposta apresentada responder de forma completa e satisfatória aquilo que é pedido no enunciado da pergunta;
Parcialmente correta	Quando a construção da resposta contemplar apenas uma parte daquilo que é pedido na pergunta, podendo apresentar alguns aspectos corretos e outros incorretos;
Incorreta	Quando a construção da resposta apresentada não apresentar nenhum aspecto correto, não respondendo aquilo que foi inicialmente proposto no enunciado da pergunta.

Fonte: Própria autora.

Durante o tratamento dos dados/inferência/interpretação foi realizada a análise das categorias previamente organizadas, realizando as comparações entre elas e propondo as

hipóteses que resultam dessa comparação com os dados apresentados no referencial teórico. É nesta etapa que compreenderemos como os alunos entendem as Ligações Químicas, quais suas dificuldades e como as disciplinas do curso de Química Licenciatura modificaram ou não seus conhecimentos sobre o assunto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os questionários propostos foram aplicados a 32 alunos do primeiro período e 16 alunos do período final do curso de Química Licenciatura da UFPE, Campus Agreste. Para analisarmos os resultados obtidos através das respostas dos questionários, apresentaremos primeiramente as respostas recebidas do questionário aplicado ao período inicial do curso.

5.1 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS ALUNOS DO PRIMEIRO PERÍODO

Os alunos foram identificados pela letra A, seguida pela letra I, indicando que fazem parte do período inicial, e por um número de 1 a 32. O questionário (APÊNDICE A) apresentava 7 questões, sendo que 4 delas abordam o conteúdo de ligações químicas, enquanto as outras 3 buscaram estabelecer um perfil do aluno, na tentativa de estabelecer uma relação entre as respostas e a formação do aluno antes de ingressar na Universidade.

Com as três perguntas iniciais do questionário, conseguimos obter algumas informações sobre o contexto de formação dos alunos durante o Ensino Médio. Para este questionário tivemos alunos de diferentes perfis, sendo 5 vindos da Escola Privada, 20 da Escola Pública e 7 estudaram o Ensino Médio, na Escola Pública e na Escola Privada. Dentre esses alunos não houve nenhuma queixa sobre falta de professores da disciplina de Química durante o Ensino Médio. Já quanto a reprovações anteriores, 31 deles cursam as disciplinas regulares do primeiro período pela primeira vez, apenas 1 deles já possui uma reprovação da disciplina de Introdução à Química e está cursando-a pela segunda vez. A partir destes diferentes perfis, obtivemos diferentes níveis conceituais das respostas analisadas. Para analisarmos as respostas das questões de 4 a 7 consideramos as categorias citadas no quadro 1, apresentado anteriormente

Com relação à quarta questão “Por que na natureza átomos tendem a se unir formando compostos?”, como colocado anteriormente na fundamentação teórica, uma ligação química ocorre para que haja a diminuição da energia individual dos átomos envolvidos (ATKINS, 2006), a partir das respostas dos alunos elaboramos o seguinte quadro:

Quadro 2. Classificação das respostas da quarta pergunta do questionário

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
-	AI1; AI2; AI4; AI5; AI8; AI9; AI10; AI12; AI13; AI14; AI16; AI17; AI21; AI26; AI27; AI30; AI31	AI3; AI6; AI7; AI11; AI15; AI18; AI19; AI20; AI22; AI23; AI24; AI25; AI28; AI29; AI32;

Fonte: Dados da pesquisa.

Nenhuma das respostas obtidas citou a questão energética na formação das ligações químicas, aspecto essencial para explicação do fenômeno. Isso pode ter ocorrido em consequência da ampla abordagem da regra do octeto durante o Ensino Médio, já que durante este período é difundido que as Ligações Químicas se formam para a simples e pura satisfação dessa regra, contexto que segundo Tümay (2016) é prejudicial para um desenvolvimento conceitual mais profundo.

Esse cenário também é discutido em um estudo feito por Mortimer (1994), no qual é descrito que a questão energética não é preterida em relação a explicações baseadas na regra do octeto e distribuição eletrônica, por exemplo. Assim, como o aspecto energético é colocado como uma base primordial para se entender realmente como se formam as ligações químicas, por não contemplarem isso nenhuma resposta foi considerada correta.

Para as respostas parcialmente corretas, o que mais se notou foi a presença da palavra “estabilidade”. Por exemplo, o aluno AI30, nos deu a seguinte resposta: “Para se estabilizarem”. Que foi repetida de forma quase idêntica por 13 alunos, estas respostas foram consideradas parcialmente corretas, pois a redução da energia dos átomos isolados para a formação das ligações leva a estabilidade dos átomos envolvidos e da molécula formada. Portanto, embora esses alunos não tenham relacionado a formação das ligações químicas a questão energética, eles utilizaram um parâmetro que pode explicar a formação dessas ligações.

Nas respostas obtidas, notamos que embora o conceito de busca por estabilidade ou equilíbrio estivesse presente em pouco mais da metade delas, nenhum dos estudantes relacionou essa estabilidade a diminuição de energia durante a formação das Ligações Químicas, fator primordial para que se formem os compostos e sólidos.

Para Özmen (2004) a repetição pura de certos conceitos pelos alunos é resultado da abordagem utilizada no Ensino Médio, baseada na transmissão de informações sem a

construção sólida de conhecimento. Assim, muitos alunos repassam um conceito que não necessariamente entendem, o que pode gerar um cenário de falsa apropriação do conteúdo.

O ‘equilíbrio ou estabilidade’ ao qual as repostas dos alunos tanto recorrem, pode remeter a regra do octeto, já que é dito que os átomos se “estabilizam” com 8 elétrons em sua camada de valência, esse tipo de concepção alternativa também é detectado por Fernandez e Marcondes (2006). Com isso, embora os alunos associem os conceitos de estabilidade e equilíbrio a formação das ligações químicas, sua construção conceitual ainda não é satisfatória, pois não há um indício concreto de que eles saibam de que deriva a estabilidade citada.

Nas respostas consideradas incorretas, não houve a identificação de uma expressão ou palavra que pudesse se traduzir em um contexto para análise. O que mais se obteve para essa classificação foi a resposta ‘Não sei’, repetida por 9 alunos. Isso indica a falta de embasamento para se estruturar um conceito, esse tipo de resposta veio tanto de alunos que estudaram na rede pública quanto na rede privada, assim o contexto anterior do aluno parece não representar um parâmetro de análise para as respostas. Para Pozo e Crespo (2009), as dificuldades dos alunos em desenvolver um conceito que se aproxime de um modelo científico se deve ao fato de que durante a abordagem dos conteúdos na disciplina de Química, o aspecto microscópico é pouco utilizado, assim os alunos trabalham em um âmbito macroscópico repleto de analogias, o que dificulta a compreensão real dos fenômenos, isso pode ter influenciado os alunos ao elaborar o conceito as Ligações Químicas.

A quinta pergunta relacionada ao conteúdo de Ligações Químicas foi “Quais os tipos de ligação química? Explique o que você entende sobre cada um deles”. Para a classificação das respostas, utilizamos as categorias descritas no quadro 1, mas para as respostas corretas consideramos os conceitos descritos no quadro 3 a seguir

Quadro 3. Respostas para base para a quinta pergunta

Ligação	Conceito
Covalente	Há o compartilhamento de elétrons entre átomos vizinhos que não possuem uma diferença de eletronegatividade considerável, formando compostos moleculares estáveis (RODRIGUES, 2012);
Iônica	Ligação iônica: há a transferência de elétrons de valência entre dois átomos, formando íons, no caso um cátion e um ânion (RODRIGUES, 2012);
Metálica	Ocorre através da interação entre átomos com características metálicas, que formam sólidos metálicos que se reorganizam através de um fluxo constante de elétrons (RODRIGUES, 2012).

Fonte: Própria autora.

O quadro a seguir apresenta a classificação das respostas dadas pelos alunos a questão 5. Nesta questão ao contrário da questão 4, algumas respostas foram consideradas corretas.

Quadro 4. Classificação das respostas da quinta pergunta do questionário

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
AI1; AI11; AI12; AI13; AI32;	AI2; AI3; AI4; AI5; AI8; AI9; AI10; AI14; AI15; AI16; AI17; AI18; AI19; AI20; AI21; AI22; AI23; AI24; AI25; AI26; AI27; AI28; AI29; AI30; AI31;	AI6; AI7;

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas consideradas corretas associaram a ligação covalente ao compartilhamento de elétrons, a ligação iônica a transferência de elétrons e a ligação metálica a interação entre átomos e fluxo de elétrons. Como a resposta apresentada pelo aluno AI12:

Ligações iônicas: ligações entre metais e elementos muito eletronegativos onde os metais tendem a perder elétrons para tornarem-se cátions. Ligações covalentes: ocorre o compartilhamento de elétrons para se tornarem estáveis. Ligações metálicas: movimentação dos elétrons que ocorre entre metais (AI12).

Ainda sobre as classificações das ligações químicas, apenas 5 alunos conseguiram explicar os 3 tipos de ligações de forma satisfatória, algo que foi identificado foi a confusão sobre o conceito de ligação metálica, ou a sua ausência na hora da classificação. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que durante o ensino médio, não há um desenvolvimento conceitual sólido a respeito desse tipo de ligação.

Nas respostas parcialmente corretas, tivemos alunos que apenas citaram os tipos de ligações químicas sem explicação, ou apresentaram a ligação covalente e iônica com as devidas características, porém não citaram ou não souberam explicar a ligação metálica. Isto pode ser visto na resposta do aluno AI13, “Ligação iônica – transferência de elétrons. Ligação covalente – compartilhamento de elétrons”.

A ausência de citação a ligação metálica nas respostas dos alunos, pode indicar uma dificuldade gerada pela abordagem do assunto adotada no Ensino Médio. Um estudo feito por Francisco Junior *et al.* (2019) mostra que a maioria dos livros didáticos, utilizados como base para aulas no Ensino Médio, trabalham apenas a abordagem clássica, que consegue explicar de forma satisfatória apenas aspectos introdutórios desse tipo de ligação, fato também indicado por Taber e Coll (2002), já que não há aprofundamento em questões como condução elétrica, estrutura, magnetismo, forças eletrostáticas etc.

A falta de uma representação competente da ligação pelos alunos, por si só, segundo Francisco Junior, é outra questão a ser notada, já que as representações de modelos de ligações químicas, não somente a metálica, presentes nos livros didático e utilizadas por professores exigem uma interpretação que nem sempre é feita e, ainda por cima, quando feita pode gerar dúvidas ou distorções pelo emprego de analogias, questão que também é colocada por Lemes *et al.* (2010).

Quanto as ligações iônicas e covalentes, uma parcela considerável, 27 alunos, conseguiu as diferenciar corretamente, utilizando os termos “doação” ou “transferência” de elétrons para ligação iônica; e o termo ‘compartilhamento’ para ligação covalente. A partir das respostas obtidas, é importante indicar que apenas 4 alunos mencionaram a eletronegatividade dos átomos envolvidos como um fator a ser considerado para classificar os tipos de ligação. Além da eletronegatividade, nenhum outro fator como natureza atômica ou força da ligação foi citado. A presença desses termos em boa parte das respostas e a ausência de uma explicação mais aprofundada, ou de qualquer outra característica, repete o padrão da quarta questão analisada, no qual existe uma repetição de expressões que não necessariamente traduzem conhecimento do assunto pelos alunos. Esse cenário, segundo Costa Beber e Maldaner (2010) é resultado de uma memorização, gerada pela falta de um entendimento mais aprofundado do assunto, assim o aluno repete aquilo que viu no ensino médio, porém não o entende de fato, o que prejudica sua construção conceitual e aplicação futura desse conceito.

As respostas consideradas incorretas não citam nenhum tipo de Ligação Química ou explicação sobre elas, assim não respondem à pergunta proposta inicialmente. Isso indica a

falta de entendimento do conceito pelos alunos, mostrando que, provavelmente, o conteúdo foi abordado de forma que não tivesse significado para eles, isso corrobora com a proposição de Ausubel, Novak & Hanesian (1978) de que uma aprendizagem com significado se desenvolve de forma estruturada e com os conceitos interligados, assim a deficiência em um conceito base prejudica toda a rede de conhecimento específico.

Na sexta pergunta, abordamos a questão das representações das Ligações Químicas (Figura 6).

Figura 6. Sexta questão do questionário

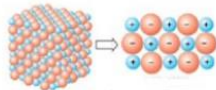
Através das figuras abaixo, relacione a representação com os tipos de ligações químicas, explique suas escolhas: *

1.



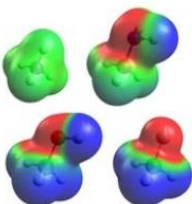
Fonte: <https://querobola.com.br/enem/quimica/ligacoes-quimicas>

2.



Fonte: <https://querobola.com.br/enem/quimica/ligacoes-quimicas>

3.



Fonte: <https://mundodocacao.uol.com.br/quimica/polaridade-ligacoes.htm>

Fonte: Dados da pesquisa.

Para analisarmos esta questão, por se tratar de uma questão de múltipla escolha, utilizamos apenas a classificação de correta e incorreta, assim temos:

Quadro 5. Classificação das respostas da sexta pergunta do questionário

CORRETA	INCORRETA
AI3; AI6; AI9; AI13; AI18; AI23; AI24; AI31	AI1; AI2; AI4; AI5; AI7; AI8; AI10; AI11; AI12; AI14; AI15; AI16; AI17; AI19; AI20; AI21; AI22; AI25; AI26; AI27; AI28; AI29; AI30; AI32

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação a 6ª questão, 13 dos 24 alunos cujas respostas foram consideradas incorretas, confundiram a representação da ligação metálica com a ligação iônica e vice-versa.

Figura 7. Resposta do aluno AI7

	Ligação iônica	Ligação covalente	Ligação metálica
Imagem 1	☐	☐	☒
Imagem 2	☒	☐	☐
Imagem 3	☐	☒	☐

Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda sobre a representação das ligações químicas, apenas 8 alunos conseguiram, classificar as ligações de forma correta e relacioná-las com as respectivas representações, isso novamente recai sobre a questão colocada por Francisco Junior *et al.* (2019), sobre a falta de representações que consigam de fato auxiliar a construção de conhecimento e não apenas representar algo de forma superficial. Assim, os alunos não conseguem visualizar aquilo que está explícito no conceito, uma lacuna que pode atrapalhar o seu desenvolvimento acadêmico tanto durante o Ensino Médio, quanto em sua jornada no Ensino Superior.

A última pergunta relacionada ao conteúdo de Ligações Químicas no questionário aplicado foi “Você acha que o tipo de Ligação Química tem influência sobre as propriedades das substâncias? Apresente substâncias com diferentes Ligações Químicas e as propriedades resultantes do tipo de ligação presente nelas”, o quadro 6 mostra a classificação das respostas dos alunos.

Quadro 6. Classificação das respostas da sétima pergunta do questionário

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
-	AI1; AI3; AI4; AI5; AI8; AI10; AI12; AI13; AI15; AI16; AI20; AI21; AI22; AI24; AI25; AI26; AI28; AI29; AI30; AI31; AI32;	AI2; AI6; AI7; AI9; AI11; AI14; AI17; AI18; AI19; AI23; AI27;

Fonte: Dados da pesquisa.

Nenhuma resposta foi considerada correta, pois não houve resposta que contemplasse tudo aquilo que foi pedido inicialmente na pergunta. Por outro lado, as respostas incorretas, apresentaram uma negativa a pergunta, ou apenas foi deixada em branco.

Para Silva e Moreira (2010), os alunos apresentam autonomia para entender e avaliar os fenômenos e aquilo que estrutura esses fenômenos a partir da integração do conhecimento adquirido na escola e sua aplicabilidade no cotidiano, quando eles não conseguem relacionar esses dois campos, não há o desenvolvimento real de conhecimento a respeito do tema. A partir dessa colocação, podemos entender por que não há respostas corretas na questão citada.

As respostas consideradas parcialmente corretas continham uma afirmativa a pergunta, algumas até continham os exemplos pedidos, mas nenhuma delas conseguiu indicar as propriedades das substâncias geradas pelo tipo de Ligação Química envolvida, como podemos observar nas respostas apresentadas a seguir: “H₂O, Cu”(AI4) e “Sim, mas não sei como apresentar as substâncias com diferentes ligações químicas.” (AI8)

Com as respostas dadas pelos alunos a última pergunta, vemos que nenhum deles foi capaz de aplicar os conceitos apresentados nas respostas anteriores, já que não conseguiram apresentar e explicar as características de uma substância a partir do tipo de ligação química que esta possui. Para Costa Beber e Maldaner (2010), utilizar os conhecimentos químicos para se entender características daquilo que nos rodeia é um dos principais aspectos que demonstram uma boa formação na área, a partir do momento em que os conteúdos abordados se transformam em simples conceitos que não conseguem ser aplicados, essa formação se mostra deficitária.

5.2 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO DOS ALUNOS DO DÉCIMO PERÍODO

Os alunos que responderam ao segundo questionário (APÊNDICE B) foram identificados pela letra A, seguida pela letra F, indicando que pertencem ao período final do curso e pela numeração de 1 a 16. Este questionário foi composto por 9 perguntas, sendo que da mesma forma que no questionário aplicado aos alunos do período inicial, as 3 primeiras perguntas buscaram estabelecer os perfis dos alunos, e as outras 6 perguntas se relacionaram diretamente ao conteúdo de Ligações Químicas. Para classificar as respostas, também utilizamos o padrão: correta, parcialmente correta e incorreta, como no primeiro questionário.

Dos alunos que responderam ao questionário, 8 deles estudaram seu Ensino Médio em Escola Pública, 5 deles estudaram o mesmo período em Escola Privada e 3 deles estudaram parte em Escola Pública e parte em Escola Privada. Quanto a presença de um professor de Química de forma regular durante os 3 anos, apenas 1 aluno afirmou que em um dos anos não teve professor na disciplina. Quanto ao número de reprovações, apenas 3 alunos não reprovaram nenhuma disciplina durante a graduação, já quanto as dificuldades enfrentadas

por estes alunos, em relação a alguma disciplina, 12 deles afirmaram que tiveram muita dificuldade nas disciplinas de Química Inorgânica I e/ou Química Inorgânica II.

Sobre essa dificuldade citada pelos alunos, um estudo realizado por Martin e Von (2008) relata que a abordagem e a metodologia utilizada por professores, sendo estes do Ensino Médio ou Superior, interferem de forma direta no desenvolvimento acadêmico do aluno, já que a utilização de determinadas práticas pode gerar bloqueios que podem levar a dificuldades de entendimento, principalmente em conteúdos de ciências que se abordam o contexto microscópico. Sendo assim, os alunos podem sair do componente curricular sem realmente entender conteúdos importantes presentes na ementa, situação que podemos compreender melhor a partir da análise das respostas das perguntas relacionadas ao conteúdo de Ligações Químicas.

A quarta questão do questionário, assim como no questionário aplicado ao período inicial, se relaciona de forma direta ao conteúdo de Ligações Químicas, sendo ela “A partir da abordagem Quântica, explique como e por que as Ligações Químicas ocorrem?”. Para que as respostas fossem consideradas corretas, os alunos poderiam citar a diminuição de energia individual dos átomos, já que Toma (2017) indica que essa é uma abordagem muito útil, porém, como também aborda o autor, questões como a geometria molecular, energia de ligação e funções de onda são fatores que devem ser levados em consideração para uma explicação mais embasada sobre o processo de formação das Ligações Químicas, o quadro a seguir apresenta a classificação das respostas dadas pelos alunos.

Quadro 7. Respostas dos alunos a quarta pergunta do questionário

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
-	AF3; AF4; AF5; AF8; AF9; AF10; AF11; AF12; AF13; AF14; AF15; AF16	AF1; AF2; AF6; AF7

Fonte: Dados da pesquisa.

Nenhuma das respostas foi considerada correta, pois os alunos não abordaram os aspectos citados por Toma (2017) de forma correta. As respostas apresentavam apenas de forma superficial o conceito de Ligação Química, não utilizando o ponto de vista quântico de forma correta, como foi pedido no enunciado da questão, assim as respostas foram consideradas parcialmente corretas. Algumas delas foram: “As ligações acontecem devido à interação feita pelas nuvens eletrônicas.” (AF3), “As ligações químicas ocorrem através de

combinação linear de orbitais atômicos formando os orbitais moleculares, isto acontece para que contenha uma certa estabilidade entre os átomos.” (AF4).

Para Driver *et. al* (1999), a aprendizagem efetiva de um determinado conteúdo só ocorre quando o conhecimento está estruturado, não bastando somente trocar de uma teoria já aprendida para outra, no caso da abordagem quântica, é provável que vários desses alunos, se não todos, só tenham entrado em contato com a Química Quântica em poucas disciplinas (Química Inorgânica I, Química Inorgânica II, Química Quântica), o que não é suficiente para que eles se desprendam totalmente do modelo de Lewis ensinado em grande parte de sua vida acadêmica, assim se considerarmos o pensamento de Driver *et. al* estes alunos provavelmente não aprenderam, realmente, com profundidade o conceito de Ligação Química do ponto de vista quântico, já que em suas respostas esta abordagem não foi empregada de forma correta.

As respostas consideradas incorretas, não responderam à questão proposta ou apresentaram aspectos confusos e errôneos em seu conteúdo. Como podemos observar nos exemplos apresentados a seguir: “Não consigo explicar, pois não entendo como funciona a abordagem quântica” (AF6), “Os orbitais atômicos geram funções de ondas, essas funções interagem entre si e formam as nuvens eletrônicas das moléculas, formando as ligações químicas.” (AF7).

Esse tipo de resposta que foi apresentada por alunos do último período da graduação, pode ser explicado pelo fato de que os conhecimentos prévios enraizados na formação anterior deles ainda estão presentes de forma muito ativa, assim, os novos conceitos abordados na graduação, associados às dificuldades mencionadas nas disciplinas da área de Inorgânica, pode ter gerado confusão neles, isso é indicado por Queiroz (2009), que aponta que os conhecimentos prévios e as estratégias de ensino utilizadas por professores afetam o desenvolvimento conceitual sobre o tema trabalhado, no caso as Ligações Químicas.

Com relação a quinta pergunta, “Quais os tipos de ligações químicas? Explique o que você entende de cada uma delas”. Para que uma resposta fosse considerada correta, ela deveria citar os tipos de Ligações Químicas (covalente, iônica e metálica), podendo utilizar a explicação baseada nos conceitos citados por Rodrigues (2012) (Quadro 3), assim como no questionário aplicado ao período inicial, mas deveria também abordar os aspectos citados por Toma (2017) considerados na questão anterior, no Quadro 8 apresentamos como os alunos responderam as questões.

Quadro 8. Resposta a quinta pergunta do questionário

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
-	AF1; AF2; AF3; AF4; AF5; AF6; AF8; AF9; AF12; AF13; AF14; AF15; AF16	AF7; AF10; AF11

Fonte: Dados da pesquisa.

Nenhum aluno conseguiu responder de forma correta a questão, as respostas se assemelharam as consideradas corretas no questionário aplicado ao primeiro período do curso, sendo as mais complexas aquelas que utilizaram a eletronegatividade como um parâmetro que influencia na classificação do tipo de ligação. Como podemos observar a seguir:

Covalente, os átomos com valores de eletronegatividade próximas ou semelhantes ‘compartilham’ elétrons entre si e então forma-se a ligação. Iônica, os átomos com eletronegatividade muito diferentes se ligam, pois o átomo mais eletronegativo ‘toma para si’ elétrons do átomo menos eletronegativo e eles ficam ligados devido a diferença de carga. Na ligação metálica, tem a teoria do mar de elétrons, em que os átomos ficam ligados e compartilhamos seus elétrons com todos os outros átomos. (AF1)

As respostas consideradas parcialmente corretas utilizaram apenas as concepções de compartilhamento e doação de elétrons, além de explicar a Ligação Metálica através do fluxo de elétrons livres, conforme a fala apresentada pelo aluno AF5, “Ligação iônica: transferência de elétrons entre átomos, geralmente metais tendem a perder elétrons para ficarem estáveis. Ligação covalente: compartilhamento de elétrons entre átomos. Ligação metálica: átomos ligados através de uma nuvem de elétrons livres.” (AF5)

Para explicar a ausência de uma resposta mais aprofundada, que pudesse ser considerada correta, assim como a presença de respostas muito parecidas com as apresentadas por alunos do período inicial do curso de Química Licenciatura, podemos utilizar o argumento apresentado por Silva *et al.* (2005, 2007) que o Ensino Básico não consegue, devido principalmente ao tempo de abordagem disponível para o conteúdo e ao nível explorado pelo material didático, se aprofundar em questões mais complexas em conteúdos de ciências, e as questões abordadas são repetidas até que os alunos as ‘fixem’, contribuindo para que eles não aprendam realmente os fenômenos estudados. Talvez conhecer as concepções prévias dos alunos antes de ensinar o conceito na graduação possa auxiliar na evolução conceitual deles, evitando que se repita no Ensino Superior o que ocorre no Ensino Médio, trocando-se apenas a teoria estudada, o que pode levar os alunos a não se desprenderem dos conhecimentos prévios, não conseguindo estruturar uma nova concepção sobre um fenômeno.

E por fim, as respostas incorretas, não abordaram os tipos de ligações químicas ou o fizeram de forma errônea como, por exemplo, “Ligações covalentes ocorrem entre átomos sem diferença de eletronegatividade, ligação iônica ocorre entre átomos com eletronegatividade diferente, ligação metálica ocorre entre metais”. (AF10)

Tanto as respostas parcialmente corretas quanto as incorretas, recaem sobre a colocação de Queiroz (2009), porém, aqui também vemos a dificuldade dos alunos de distinguir a natureza das Ligações Químicas, além da repetição dos termos compartilhamento, doação ou fluxo de elétrons, mostrando que há falhas no entendimento do conceito por eles, embora estejam no final da graduação. Este fato é destacado por Penha e Silva (2011) que mostram sua pesquisa que graduandos apresentaram dificuldades em conceituar de forma científica as ligações químicas e que eles são favoráveis a ideia de que estas não ocorrem apenas para satisfazer a regra do octeto, porém, há confusões sobre os aspectos microscópicos de formação dessas ligações, apesar do contato com a teoria sobre o conteúdo na graduação.

A sexta pergunta do questionário foi “Você acha que o tipo de Ligação Química tem influência sobre as propriedades das substâncias? Apresente substâncias com diferentes Ligações Químicas e as propriedades resultantes do tipo de ligação presente nelas”. O quadro a seguir apresenta a classificação para as respostas dos alunos.

Quadro 9. Resposta a sexta pergunta do questionário

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
-	AF1; AF2; AF3; AF4; AF5; AF6; AF7; AF8; AF9; AF10; AF11; AF12; AF13; AF14; AF15; AF16	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Nenhuma das respostas foi considerada incorreta, pois todos os alunos apontaram que as Ligações Químicas que formam as estruturas das substâncias influenciam em suas propriedades, assim como eles, também, apresentaram exemplos de substâncias. Isso nos mostra que eles entendem a influência das ligações químicas nas propriedades dos compostos, já que reconhecem seu efeito e, até mesmo conseguem relacionar, em alguns casos, o tipo de ligação com as características da substância. Para Maldaner (2006), o emprego de um conceito em contextos diversos indica a evolução do processo de aprendizagem dos alunos, assim, vemos que embora haja uma certa barreira quanto ao emprego de uma explicação mais aprofundada, os alunos ao menos entendem a contribuição e a importância das Ligações Químicas na formação de substâncias.

Também não houve respostas consideradas corretas, pois os alunos não abordaram as propriedades da substância de forma coerente, nas respostas parcialmente corretas houve a ausência de uma explicação sobre essas propriedades ou sua presença com aspectos equivocados, como por exemplo:

Sim, as forças da ligação influenciam bastante nas propriedades como por exemplo nas temperaturas de ponto de fusão, de ebulição, quanto mais forte as forças maior será a energia necessária para aumentar o grau de agitação das moléculas e causar a mudança de fase. Em metais, por exemplo, o ponto de fusão é muito alto, enquanto que na água onde temos ligação covalente o ponto de fusão é bem mais baixo. (AF2, resposta parcialmente correta)

“Sim, os tipos de ligações influenciam nas propriedades das substâncias, tais como ponto de fusão e ebulição. Glicose, cloreto de sódio, ligas metálicas.” (AF3, resposta parcialmente correta).

Enquanto o aluno AF2 relaciona de forma equivocada a força de ligação com os pontos de fusão e ebulição e o tipo de ligação de diferentes substâncias, o aluno AF3 não consegue aplicar as características mencionadas por ele as substâncias citadas em sua resposta. Essa falta de relação na resposta de AF3 pode ser explicada pela dificuldade dos alunos de transpor características presentes no campo microscópico para o macroscópico, como apontado por Penha e Silva (2011).

A partir destas respostas, podemos notar que os alunos não conseguem identificar de forma satisfatória a influência das ligações químicas nas propriedades das substâncias, o que concorda com algumas respostas anteriores, principalmente, aquelas envolvendo a abordagem quântica para uma explicação. A partir desse cenário, podemos ver as consequências apontadas por Taber e Coll (2002), na qual a simplificação de conteúdos para uma memorização, sem o aprofundamento do conteúdo desde a base, traz dificuldades no futuro acadêmico do aluno, já que para ele será muito mais difícil se desprender totalmente de um conceito antigo e incorporar um novo, mesmo que esse novo seja visto durante sua graduação.

As três últimas perguntas do questionário possuem a mesma função, variando apenas no tipo de ligação abordado em cada questão. Estas possuem basicamente o mesmo enunciado, e buscam entender a capacidade dos alunos de relacionar diferentes modelos representativos das ligações químicas com a base teórica.

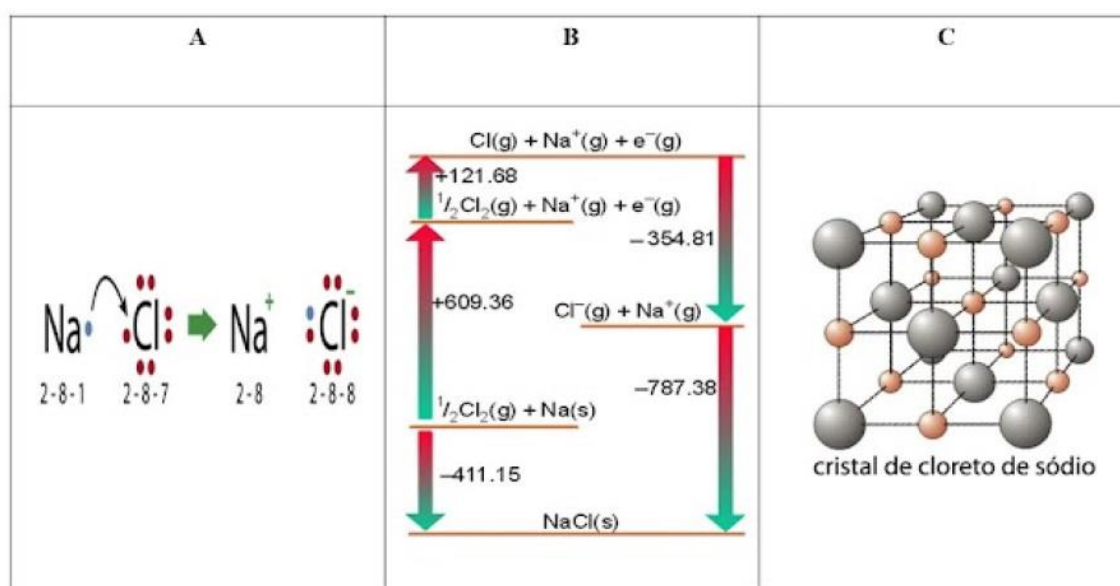
A sétima pergunta foi “Qual(is) figura(s) apresentada(s) a seguir você acha que são necessárias para representar a formação de uma Ligação Iônica? Justifique sua resposta”. As respostas foram categorizadas como:

Quadro 10. Respostas dos alunos a sétima pergunta do questionário

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
-	AF1; AF2; AF3; AF7; AF8; AF9; AF11; AF12; AF13; AF14;	AF4;AF5; AF6;AF10; AF15; AF16

Fonte: Dados da pesquisa.

As representações apresentadas na questão foram as seguintes:

Figura 8. Representações utilizadas na sétima questão.

Fonte: <https://blogdoenem.com.br/ligacoes-quimicas-enem/>
<https://blogdorafaalmori.wordpress.com/2019/11/06/estrutura-da-materia-10-ligacoes-e-interacoes-conceitos-basicos/>

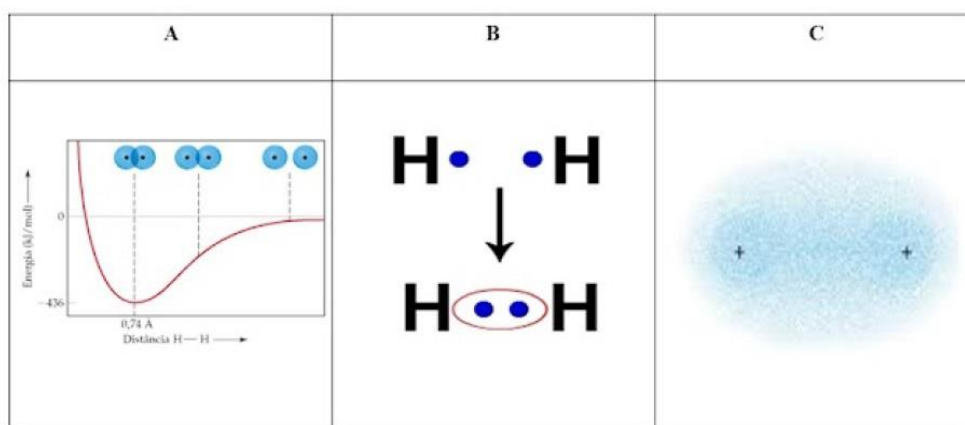
As respostas que escolheram as representações B e C foram consideradas corretas, já as que escolheram ao menos uma delas, foram consideradas parcialmente corretas e as que escolheram apenas a representação A foram consideradas incorretas, a partir das escolhas dos alunos não houve nenhuma resposta considerada correta. Quanto a justificativa, os alunos que tiveram sua resposta classificada como parcialmente correta, relacionaram o diagrama de energia e a diminuição de energia individual dos átomos, “A e B, podem representar ligações iônicas, na A representando de forma simplificada com as cargas. Na B, vemos que é necessário menos energia para formar a ligação.” (AF3), porém ainda utilizam a estrutura de Lewis como um fator base para a explicação. Para as incorretas, houve a ausência de justificativa ou a presença da mesma com aspectos equivocados, “Apenas A, por representar a

perda e ganho de elétrons entre os átomos envolvidos na ligação, as outras apenas complementam informações sobre a ligação.” (AF4).

Por estarem cursando o último período do curso, esperávamos que os alunos escolhessem modelos mais aprofundados para explicar a ligação iônica, como o ciclo de Born-Haber que trata dos aspectos energéticos ou o retículo cristalino que explicita a não direcionalidade da ligação e o fato do NaCl não existir como uma molécula discreta.

A oitava pergunta foi “Qual (is) figura (s) apresentada (s) a seguir você acha que são necessárias para representar a formação de uma Ligação Covalente de forma apropriada? Justifique sua resposta.” Nesta pergunta, tínhamos as seguintes representações:

Figura 9. Representações utilizadas na oitava questão



Fonte: <https://www.ufjf.br/quimica/files/2015/06/aula-12-quimica-fundamental-2019-3-Teoria-da-Liga%C3%A7%C3%A3o-Val%C3%Aancia-vers%C3%A3o-final-1.pdf>
<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-ligacao-covalente.htm>
<https://www.ufjf.br/quimica/files/2015/06/aula-10-quimica-fundamental-2019-3-liga%C3%A7%C3%B5es-covalentes-.pdf>

A classificação das respostas dos alunos pode ser vista no quadro 11:

Quadro 11. Respostas dos alunos a oitava pergunta do questionário.

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
-	AF1; AF2; AF3; AF9; AF10, AF13; AF15	AF4; AF5; AF6; AF7; AF8; AF11; AF12; AF14; AF16

Fonte: Dados da Pesquisa.

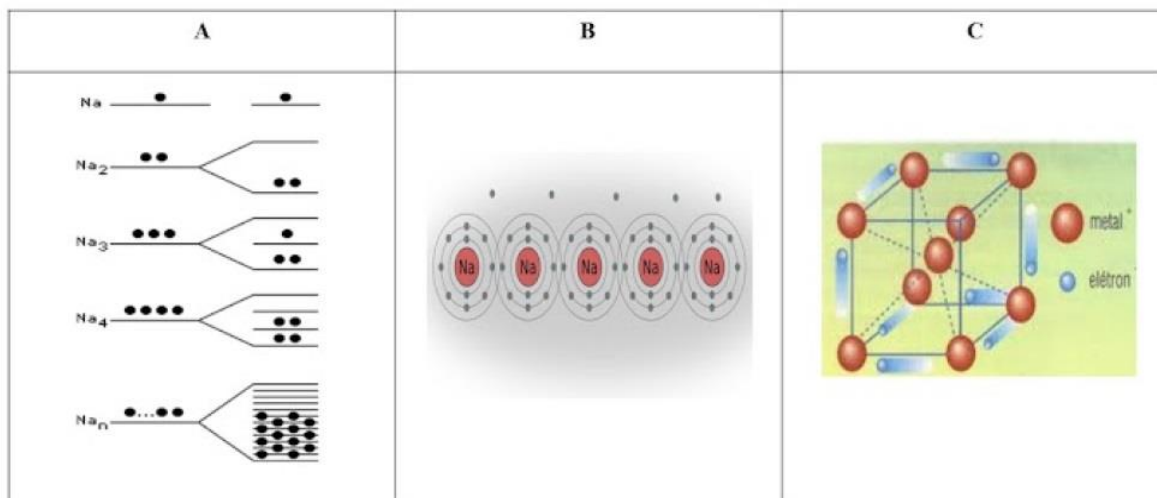
Para esta pergunta, foram consideradas corretas as respostas que optaram pelas representações A e C, parcialmente corretas aquela que optaram por, ao menos, uma dessas representações e incorretas, aquelas que optaram apenas pela representação B. Quanto as justificativas, nas respostas parcialmente corretas houve a ausência dela ou a presença da

explicação de forma incompleta ou que apresentava alguns aspectos equivocados, “Cada imagem foca em uma característica da ligação. Porém a primeira eu acho mais completa para explicar a formação da ligação.” (AF1, parcialmente correta). Nas respostas que foram consideradas incorretas, houve a presença de aspectos errôneos baseados na escolha da representação, “A figura B representa com uma forma de melhor identificação da ligação, logo será mais fácil compreender.” (AF4).

É importante destacar que todos os alunos apontaram a estrutura de Lewis como uma representação necessária para se entender como ligações covalentes e iônicas são formadas. Isso se deve ao fato de que em grande parte de sua vida acadêmica, estes alunos utilizaram a estrutura de Lewis como uma base de representação recorrente, também a visualizando nos materiais didáticos. Para Wartha e Rezende (2011) os estudantes devem ser capazes de relacionar diferentes tipos de representações científicas, para que demonstrem entendimento tanto em nível microscópico quanto macroscópico. Considerar tanto o diagrama de energia, na sétima pergunta, quanto o gráfico de energia em função do comprimento de ligação, na oitava pergunta, como representações necessárias, nos mostra que o aluno entende a importância da diminuição de energia individual para a formação das Ligações Químicas, aspecto que foi amplamente abordado nas respostas da quarta questão.

A dificuldade de relação entre conceito e representação é colocada por Fernandez e Marcondes (2006), apontando que o não entendimento de um conceito juntamente com uma representação simplista e trivial dificulta a ação do aluno de, posteriormente, relacionar uma nova representação apresentada com o conteúdo abordado, então já que não é comum que os alunos utilizem os diagramas ou gráficos como uma forma de representação recorrente, ao visualizá-lo eles não conseguem interpretá-lo, recorrendo ao familiar, no caso a estrutura de Lewis.

A nona pergunta foi “Qual(is) figura(s) apresentada(s) a seguir você acha que são necessárias para representar a formação de uma Ligação Metálica de forma apropriada? Justifique sua resposta”. As representações utilizadas nessa questão foram:

Figura 10. Representações utilizadas na nona questão.

Fonte: <https://www.profp.com.br/Liga%C3%A7%C3%B5es%20Qu%C3%ADmicas/Aula8.htm>
https://www.todaciencia.com.br/bioquimica/ligao_metlica.html
<https://slideplayer.com.br/slide/15387667/>

A seguir apresentamos o quadro com as respostas dos alunos.

Quadro 12. Respostas dos alunos a nona pergunta do questionário.

CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INCORRETA
-	AF1; AF5; AF6; AF7; AF8; AF9; AF11; AF12; AF13; AF16	AF2; AF3; AF4; AF10; AF14; AF15

Fonte: Dados da Pesquisa.

As respostas consideradas corretas foram aquelas que optaram pelas representações A e C, as consideradas parcialmente corretas foram aquelas que optaram ao menos por uma delas, já as respostas consideradas incorretas foram as que optaram apenas pela representação B. Quanto as justificativas, as respostas consideradas incorretas, abordaram em grande parte p modelo “mar de elétrons”, que aponta que os átomos participantes de uma ligação metálica se mantêm unidos pela interação de elétrons deslocalizados de sua camada de valência com elétrons livres, o que gera um fluxo contínuo que confere estabilidade a estrutura metálica (CARVALHO; JUSTI, 2005), porém os alunos não demonstram realmente saber o que significa essa teoria, apenas a citaram, “B, onde podemos observar o ‘mar de elétrons’ característico desse tipo de ligação.” (AF2), ou utilizando aspectos equivocados “A imagem B, nessa imagem os elétrons flutuam entre os átomos vizinhos os ligando” (AF15).As

respostas consideradas parcialmente corretas optaram, em grande parte pela representação do sólido metálico e pautaram as justificativas nessa representação, como na resposta a seguir “C, porque os elétrons percorrem todos os núcleos gerando uma estrutura estável.” (AF8).

Com as representações da Ligação Metálica, notamos o mesmo problema das respostas da quinta pergunta, os alunos utilizam a teoria do “mar de elétrons” de forma superficial, recorrendo sempre a questão de movimentação de elétrons sem realmente entender como e por que isso ocorre, Costa Beber e Maldaner (2010) apontam que a memorização de conceitos sem o real entendimento sobre, acaba por prejudicar a aplicação desse conceito em diferentes contextos fora daquilo que foi memorizado, isso aliado a dificuldade de relacionar representação e conceitos, como apontado por Wartha e Rezende (2011) e Lemes *et al.* (2010), dessa forma, acaba levando o aluno a fixação de conceitos simplistas e aplicáveis apenas em contextos específicos, prejudicando sua construção de conhecimento.

Sendo assim, essa falta de relação entre conceito e representação apresentada pelos alunos pode estar relacionada a forma como o material didático utilizado durante o Ensino Médio explora as imagens, segundo Lemes *et al.* (2010), esse recurso foca muito em representações simplistas, associadas a equações químicas e matemáticas, mas não se procura traduzir realmente o conceito químico através das imagens utilizadas, o que gera distorções nas concepções dos estudantes, sendo que estas distorções perduram por toda a sua vida acadêmica, como podemos ver nas respostas apresentadas pelos alunos em relação aos três tipos de ligações químicas, tanto dos alunos do período inicial quanto do final.

Além disso, é importante ressaltar que a aprendizagem é construída pelos alunos e os professores auxiliam nessa construção, seja ela através de estratégias previamente planejadas ou por meios gerados de acordo com a situação de cada aluno (ENTWISTLE; RAMSDEN, 1982). Assim, é necessário que o professor compreenda qual a melhor forma de ajudar o aluno durante esse desenvolvimento, para isso ele precisa compreender as concepções alternativas do estudante, pois estas serão o ponto de partida para a construção do conhecimento novo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim deste trabalho, podemos considerar que ele apresenta uma tentativa de entender como os alunos dos períodos inicial e final de um curso de Química Licenciatura entendem, aplicam e representam o conceito de Ligação Química. Participaram da pesquisa alunos vindos da Escola Pública e Privada, contextos que inicialmente achamos que se traduziria nas respostas, mas que não foi concretizado, as dificuldades encontradas nos alunos foram muito parecidas, não importando sua origem, assim como nos alunos concluintes não houve diferença considerável entre aqueles que já reprovaram algum componente curricular relacionado a Química e aqueles que não reprovaram nenhum componente, cenário que também era esperado inicialmente.

É importante salientar que a utilização dos questionários digitais como forma de coleta de dados foi muito satisfatória, já que devido ao cenário de isolamento gerado pela pandemia da COVID-19, as formas de interação com os alunos do curso se tornaram escassas, e a partir dessa ferramenta conseguimos coletar respostas de quase toda a turma de ingressantes e concluintes, através da disponibilização dos links dos formulários.

A partir dos resultados obtidos através dos questionários aplicados, podemos dizer que os objetivos propostos inicialmente foram alcançados, uma vez que as concepções dos alunos foram abordadas durante toda a análise dos resultados, mas ainda cabem vários aspectos para a reflexão.

Esta pesquisa partiu da hipótese de que os alunos que ingressam no Ensino Superior possuem uma visão mais simplista, embasada principalmente pela regra do octeto, a respeito do conteúdo de Ligações Químicas que os alunos concluintes, que já passaram por todos os componentes curriculares que abordam o conteúdo. Entretanto, durante o trabalho, notamos que o conceito de Ligação Química para alunos ingressantes do curso e concluintes, difere em poucos aspectos, contexto que foi notado, principalmente, durante a classificação e representação do conteúdo. Esses aspectos se resumem basicamente no emprego da eletronegatividade como um fator para classificação da ligação, e o entendimento um pouco mais profundo sobre a relação de como as Ligações Químicas afetam as características macroscópicas das substâncias.

Outro ponto que pôde ser visto a partir das respostas dos alunos do período inicial é que no Ensino Médio, a Ligação Metálica é um tipo de ligação química pouco abordado e isso prejudica o entendimento dos estudantes ao longo da graduação, pois elesse fixam em

conhecimentos vistos superficialmente e o utilizam em qualquer cenário para explicar a formação dessa ligação, sem realmente entender o contexto no qual ela acontece.

Este cenário nos faz pensar sobre a forma como esse conteúdo é abordado tanto no Ensino Médio, quanto em componentes curriculares do Ensino Superior, já que os alunos ingressam com um modelo de explicação enraizado e pouco dele se muda durante a graduação. Assim tentar implantar uma metodologia que não apenas substitua um modelo de teoria por outro, mas que desconstrua os aspectos antigos e apresente novos pontos que aprofundem os conhecimentos já adquiridos, pode ser uma saída para tentar sanar esse problema.

Além disso, a partir do que foi visto neste trabalho podemos indicar algumas ações que possam tentar minimizar as dificuldades encontradas, como o emprego de TDIC's no ensino de Química já durante o Ensino Médio, como *softwares* de modelagem mais simples como o *Avogadro*[®] ou o *ACDLabs*[®], que possam ajudar os alunos a associarem melhor a representação de uma Ligação Química ao seu conceito científico, além de explorar características das ligações de forma mais profunda, conseguindo desprender o aluno de um conceito raso e forçando-o a interagir com o âmbito microscópico, para somente depois transpor o que foi aprendido para a esfera macroscópica, tentando evitar o uso excessivo de analogias que possam gerar concepções alternativas, além de sair da explicação recorrente baseada na regra do octeto.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. T. de; FERREIRA, G. A.; COSTA, J. M. da; RODRIGUES, J. B. S.; MONTEIRO JR., J. M. de A. Situações de aprendizagem para o ensino de ligações químicas. In: CONEDU, 2, **Anais...**, Campina Grande, 2015.
- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p.
- AUSUBEL, D.P; NOVAK, J.D & HANESIAN, H. **Educational psychology**: a cognitive view. 2ed. Holt, Rinehart & Winston (1978).
- BAGNATO, V. S.; MUNIZ, S. R. **Noções Gerais de Física Atômica e Ligações Químicas**. 2012. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/145602/mod_resource/content/3/T3_Capitulo6_v1.3.1.pdf>. Acesso em 29 mai. 2021.
- BARBOSA, L. C. de A. **Introdução á Química Orgânica**. São Paulo, UFV, 2004.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1995.
- BRAATHEN, C. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino-aprendizagem de Química. **Revista Eixo**, v. 1, n. 1, p. 63-69, jan/jun 2012.
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química**: a ciência central. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.
- CARVALHO, N. M. de; JUSTI, R. S. DIFICULDADES DOS ALUNOS NA CONSTRUÇÃO DE MODELOS MENTAIS DE LIGAÇÃO METÁLICA BASEADOS NA ANALOGIA DO “MAR DE ELÉTRONS”. In: ENPEC, V, Bauru, 2005.
- CARVALHO, A. M. P.; PEREZ, D. G. O saber e o saber fazer dos professores. In: CASTRO, A. D. e CARVALHO, A. M. P. (orgs). **Ensinar a ensinar**: didática para a escola fundamental e média. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001. p.107-124.
- COLOMBO JR, P. D.; SILVA, C. C. RELAÇÕES ARTICULADORAS: VIABILIZANDO O USO INSTRUMENTAL DO LOSANGODIDÁTICO EM SEQUÊNCIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM. **Revista Ensaio**, v. 22, p. 1-17, 2020.
- COSTA-BEBER, L. B.; MALDANER, O. A. Níveis de Significação de Conceitos e Conteúdos Escolares Químicos no Ensino Médio: Compreensões sobre Ligações Químicas. **VYDIA**, v. 29, n. 2, p. 97-114, jul./dez., 2009 – Santa Maria, 2010.
- DELAMUTA, B. H.; ASSAI, N. D., S.; BERNARDELLI, M. S. O ensino de Ligações Químicas: com a palavra os professores! In: Simpósio Brasileiro de educação química, 16, **Anais...**, Rio de Janeiro, 2017.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, v. 9, p. 31-40, 1999.

ENTWILSTLE, N. J.; RAMSDEN, R. **Understanding student learning**. Worchester: Billings & Sons, Ltd., 1982.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre Ligação Química. **Química Nova na Escola**, n. 24, p. 20-24, nov., 2006.

FERREIRA, A. C. C. **A Importância da Infraestrutura na Escola Pública**: visão geral da importância estrutural no ambiente pedagógico. Orientador: Julio Cesar Andrade de Abreu. 2017. 16 p. TCC (Graduação) – Curso de Administração Pública, Universidade Federal Fluminense – UFF, Volta Redonda, 2017. Disponível em <<https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/6025/1/Augusto%20Cesar%20Cardoso%20Ferreira.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2021.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; VIEIRA DA SILVA, E.; FRANCISCO, W. Ligações entre metais: reflexões a partir dos modelos empregados em livros didáticos brasileiros de química. **Educación Química**, v. 30, n. 3, p. 43-52, 2019.

FREITAS, T. F. de; COSTA, G. M. OS LIVROS DIDÁTICOS NO ENSINO DE QUÍMICA: UMA BREVE ANÁLISE. In: Encontro de Debates sobre o Ensino de Química, 37., 2017, Rio Grande.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 176 p.

LEMES, A; SOUZA, K; CARDOSO, A. Representação. Representações para o Processo de Dissolução em Livros Didático de Química: O Caso do PNLEM. **Química Nova na Escola**, v.. 32, n. 3, p. 184-190, 2010.

LEMOW, D. **Teach like a champion**. John Willey & Sons, 2010.

LIMA, M. C. R.; ROTTA, J. C. G.; RAZUCK, R. C. de S. R. Concepções dos estudantes que ingressam no ensino médio sobre ligações químicas. In: Enpec, 8., Campinas, 2011.

LOCATELLI, A.; ZOCH, A. N.; TRENTIN, A. M. S. TICs no Ensino de Química: Um Recorte do “Estado da Arte”. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2015.

LOPES, A. C. **Currículo e Epistemologia**. Editora Unijuí, 2007.

LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática da ciência. **Química Nova**, v. 20, n. 5, p. 563-568, 1997.

MAIA, P. F. et al. Modelagem e representações no ensino de ligações iônicas: análise em uma estratégia de ensino. **Anais do VI ENPEC**, 2007.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de Química**. 3. ed. rev. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006.

MARTIN, M. G. M. B.; VON L. U. I. B. Artigo Científico como tema de aula experimental na disciplina de Química Geral para o primeiro ano de cursos de graduação. In: ENCONTRO

NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: UFPR 2008.

MARTINS, I. O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências, I, 1997, Águas de Lindoia. **Anais...** Águas de Lindoia: ABRAPEC, 1997, p. 366-373.

MEDEIROS, C. E.; SILVA, L. R. F. da; RODRIGUEZ, R. de C. M. OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO ENSINO DE LIGAÇÕES QUÍMICAS. In: ENPOS, 15, Pelotas, 2013.

MELO, M.R. **Estrutura atômica e ligações química**– uma abordagem para o ensino médio. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R.; OLIVEIRA, M. M. de. Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 6, n.1, 2011. Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4051>.

MORTIMER, E. F. REGRA DO OCTETO E TEORIA DA LIGAÇÃO QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO: DOGMA OU CIÊNCIA? **Química Nova**, v. 17, n. 2, 1994.

MÜLLER, H. P. Os conteúdos de ensino e as aprendizagens escolares. In: SANTIAGO, Anna Rosa Fontella et al. (Orgs.). **Educação nas ciências: pesquisas discentes** 2003. Ijuí: Ed. Unijuí, p. 207- 230, 2004.

ÖZMEN, H. Some Student Misconceptions in Chemistry: A Literature Review of Chemical Bonding. **Journal of Science Education and Technology**, v. 13, n. 2, 2004.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PENHA, A. F. da; SILVA, J. L. de P. B. Uma realidade do conhecimento de estudantes de licenciatura em química sobre ligação química. In: Enpec, 8., Campinas, 2011.

POZO, J. I. CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Tradução Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

QUEIROZ, A. D. S. **Contribuição do ensino de ligação iônica baseado em modelagem ao desenvolvimento da capacidade de visualização**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais – MG, 2009.

RODRIGUES, J. de A. **Introdução às ligações químicas**. São Carlos: EDUFSCAR, 2012.

RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Makron: 1996, v. 1.

SANTOS, F. dos; SANTOS, J. R. dos. Ligações Químicas: Concepções de Estudantes de Licenciatura em Química. **Revista UNILUS Ensino e Pesquisa**, v. 14, n. 37, p. 58-64, out./dez., 2017.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO. **Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco**. Pernambuco: 2013. Disponível em <http://www.educacao.pe.gov.br/portal/upload/galeria/4171/quimica_parametros_em.pdf>. Acesso em 21 nov. 2019.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. ANÁLISE DE CONTEÚDO: EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA PARA ANÁLISE DE DADOS QUALITATIVOS. **Qualit@s Revista Eletrônica**, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2015.

SILVA, J. C. O. de. **Problemas de aprendizagem sobre ligações químicas para estudantes de graduação**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – RN, Programa de Pós-Graduação em Química, 2010.

SILVA, J. I.; MOREIRA, E.M.S. Saber cotidiano e saber escolar: uma análise epistemológica e didática. **Revista Educação Pública**, v. 19, n. 39, p. 13-28, jan./abr. 2010.

SILVA, S. M.; EICHLER, M. L.; SALGADO, T. D. M.; DEL PINO, J. C. Concepções alternativas de calouros de química para os estados de agregação da matéria, solubilidade e a expansão térmica do ar. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Bauru. **Anais...** Bauru: ABRAPEC, 2005.

SILVA, S. M.; MORAIS, L.; EICHLER, M. L.; SALGADO, T. D. M.; DEL PINO, J. C. Concepções alternativas de calouros de química para os conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007. SOARES

TABER, K. S.; COLL, R. K. Bonding. In: J. K. Gilbert et al. (Eds.), **Chemical Education: towards research – based practice**. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.213-234, 2002.

TOMA, H. E. **Estrutura Atômica, Ligações e Estereoquímica**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2017.

TÜMAY, H. Reconsidering learning difficulties and misconceptions in chemistry: emergence in chemistry and its implications for Chemical education. **Chemistry Education Research and Practice**. n. 17, p. 229-245, 2016.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de Química e as categorias da semiótica de Pierce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. B. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO PARA ALUNOS DO PERÍODO INICIAL

1. Na Educação Básica (Ensino Fundamental e Médio) você estudou em Escola Pública ou Privada?

() Em Escola Pública

() Em Escola Privada

() Parte em Escola Pública e parte em Escola Privada

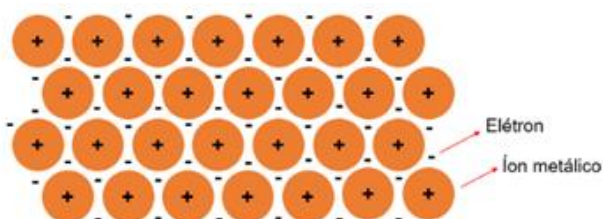
2. Como foi sua vivência no Ensino Médio com relação a disciplina de Química? Justifique. (Você teve professor durante os três anos, quais conteúdos tinha mais dificuldade, qual conteúdo gostou mais de estudar).

3. Quais disciplinas de química você já cursou na graduação? Algumas delas você cursou mais de uma vez? Explique sua maior dificuldade ou motivo que levou você a não completar ou reprovar a disciplina.

4. Por que na natureza os Átomos tendem a se unir formando Compostos?

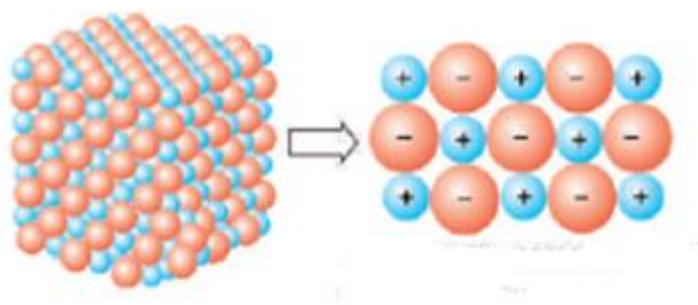
5. Quais os tipos de Ligações Químicas? Explique o que você entende sobre cada uma delas.

6. Através das figuras abaixo, relacione a representação com os tipos de Ligações Químicas, explique suas escolhas:



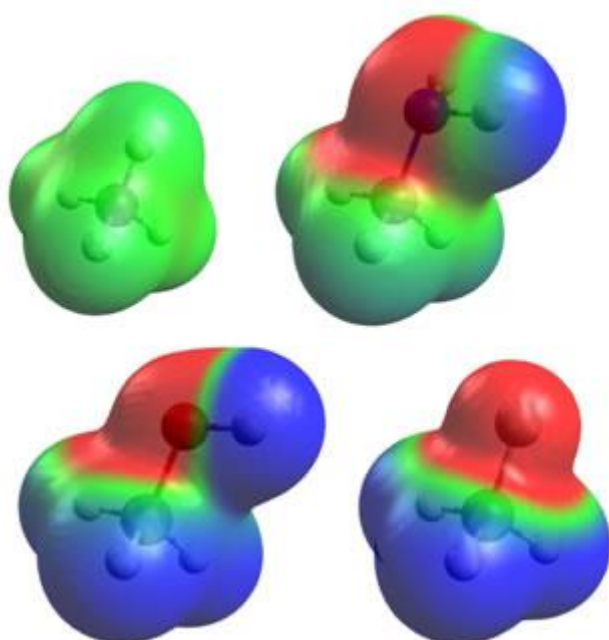
a)

Fonte: <https://querobolsa.com.br/enem/quimica/ligacoes-quimicas>



b)

Fonte: <https://querobolsa.com.br/enem/quimica/ligacoes-quimicas>



c)

Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/polaridade-ligacoes-covalentes.htm>

I. Ligação Iônica

II. Ligação Covalente

III. Ligação Metálica

7. Você acha que o tipo de Ligação Química tem influência sobre as propriedades das substâncias? Apresente substâncias com diferentes Ligações Químicas e as propriedades resultantes do tipo de ligação presente nelas.

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO PARA ALUNOS DOS PERÍODOS FINAIS

1. Na Educação Básica (Ensino Fundamental e Médio) você estudou em Escola Pública ou Privada?

() Em Escola Pública

() Em Escola Privada

() Parte em Escola Pública e parte em Escola Privada

2. Como foi sua vivência no Ensino Médio com relação a disciplina de Química? Justifique. (Você teve professor durante os três anos, quais conteúdos tinha mais dificuldade, qual conteúdo gostou mais de estudar).

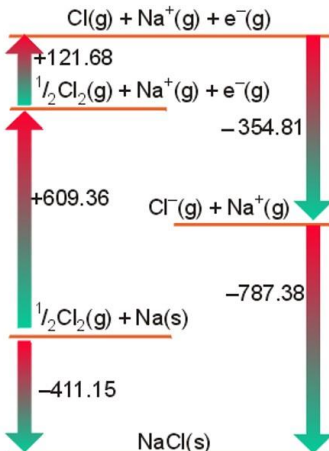
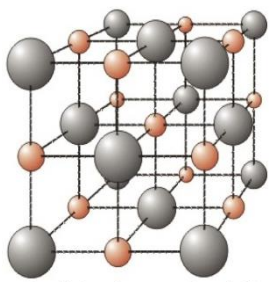
3. Quais componentes curriculares de química você já cursou na graduação? Algumas delas você cursou mais de uma vez? Explique sua maior dificuldade ou motivo que levou você a não completar ou reprovar a disciplina.

4. A partir da abordagem Quântica, explique como e por que as Ligações Químicas ocorrem?

5. Quais os tipos de Ligações Químicas? Explique o que você entende sobre cada uma delas.

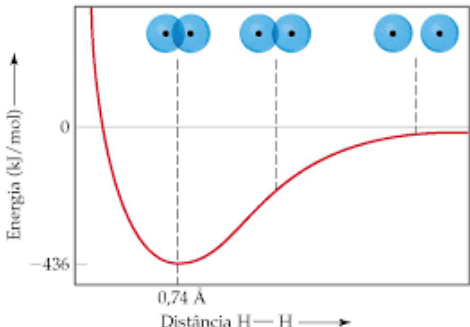
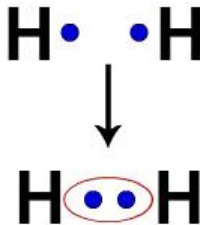
6. Você acha que o tipo de Ligação Química tem influência sobre as propriedades das substâncias? Apresente substâncias com diferentes Ligações Químicas e as propriedades resultantes do tipo de ligação presente nelas.

7. Qual(is) figura(s) apresentada(s) a seguir você acha que são necessárias para representar a formação de uma Ligação Iônica? Justifique sua resposta.

A	B	C
		 cristal de cloreto de sódio

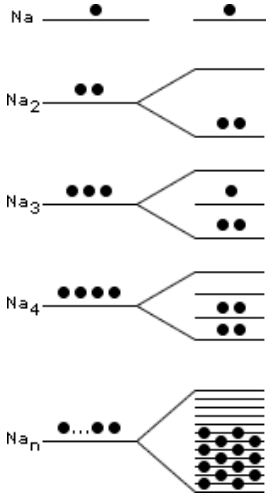
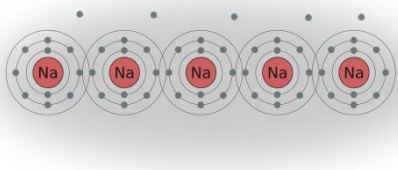
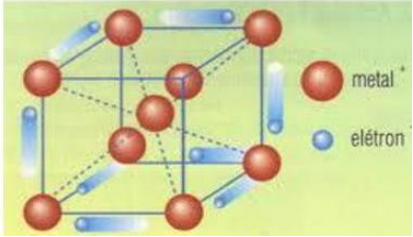
Fontes: <https://blogdoenem.com.br/ligacoes-quimicas-enem/>
<https://blogdorafaalmori.wordpress.com/2019/11/06/estrutura-da-materia-10-ligacoes-e-interacoes-conceitos-basicos/>

8. Qual(is) figura(s) apresentada(s) a seguir você acha que são necessárias para representar a formação de uma Ligação Covalente de forma apropriada? Justifique sua resposta.

A	B	C
		

Fontes: <https://www.ufjf.br/quimica/files/2015/06/aula-12-quimica-fundamental-2019-3-Teoria-da-Liga%C3%A7%C3%A3o-Val%C3%Aancia-vers%C3%A3o-final-1.pdf>
<https://brasile scola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-ligacao-covalente.htm>
<https://www.ufjf.br/quimica/files/2015/06/aula-10-quimica-fundamental-2019-3-liga%C3%A7%C3%B5es-covalentes-.pdf>

9. Qual(is) figura(s) apresentada(s) a seguir você acha que são necessárias para representar a formação de uma Ligação Metálica de forma apropriada? Justifique sua resposta.

A	B	C
		

Fontes:

<https://www.profpcc.com.br/Liga%C3%A7%C3%B5es%20Qu%C3%ADmicas/Aula8.htm>

https://www.todaciencia.com.br/bioquimica/ligao_metlica.html

<https://slideplayer.com.br/slide/15387667/>