UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação

MARIA HELENA ZAMBELLI

Uma aplicação da Teoria Do Núcleo Central sobre os principais conceitos associados às interações intermoleculares

São Paulo
2022

MARIA HELENA ZAMBELLI

Uma aplicação da Teoria Do Núcleo Central sobre os principais conceitos associados às interações intermoleculares

Versão corrigida

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientador: Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano

São Paulo
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meioconvencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Zambelli, Maria Helena

Uma aplicação da Teoria do Núcleo Central sobre os principais conceitos associados às interações intermoleculares. São Paulo, 2022.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano

Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química – Estudo e Ensino; 2. Ensino e aprendizagem; 3. Interações intermoleculares; 4. Representações Sociais; 5. Teoria do Núcleo Central.

USP/IF/SBI-011/2022

Aos meus pais, que sempre lutaram muito para que eu tivesse o privilégio de estudar.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de conseguir estudar e sobretudo por ter me guiado até aqui. Foram anos especialmente difíceis devido à pandemia, ao isolamento social, ao negacionismo da ciência e ao ensino remoto.

À minha família, em especial aos meus pais Paulina e Antônio, pela paciência, por compreenderem as minhas “ausências” e torcerem pelo meu sucesso na minha caminhada.

Aos meus alunos agradeço por me impulsionarem a inovar, pelos bons momentos e pelas perguntas que sempre nos movem a buscar novas formas de ensinar.

Aos professores que me guiaram e foram minha inspiração para seguir na área, em especial à professora e amiga Gertrudes, que plantou em mim o amor pela química e sempre me apoiou.

Aos amigos do LAPAQ – João Messias Júnior e Fábio Luiz Seribeli – agradeço a parceria e divisão de anseios, alegrias e desabafos.

À professora Daisy de Brito Rezende pelas discussões e ótimas contribuições.

Ao Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano, que me recebeu muito bem no seu grupo e abriu portas para que eu pudesse realizar esse trabalho. Fica aqui a gratidão e admiração por ser um ótimo professor e uma pessoa com um coração enorme.

Agradeço especialmente ao Eric, o meu porto seguro, pela paciência, amor e compreensão. Mesmo ouvindo milhões de vezes “*eu não vou dar conta*”, nunca duvidou de mim e sempre me incentivou a não desistir. Sem você esse caminho seria muito tortuoso e sem cor.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a construção desta dissertação e da minha vida acadêmica. Muito obrigada!

RESUMO

ZAMBELLI, MARIA HELENA. **Uma aplicação da Teoria do Núcleo Central sobre os principais conceitos associados às interações intermoleculares**. 2022. 142f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

O objetivo deste trabalho é investigar quais são os conceitos considerados importantes para os alunos de graduação de um curso de Química sobre o tema interações intermoleculares. A pesquisa baseou-se na Teoria do Núcleo Central (TNC) da Teoria das Representações Sociais (TRS), que busca entender como um determinado assunto é compartilhado por indivíduos de um mesmo grupo social. A TNC sugere que as representações sociais são compostas por dois sistemas: o Núcleo Central (NC), que é formado pelos conceitos mais importantes e organiza os demais, e os Elementos Periféricos, que são flexíveis e sustentam o núcleo. A metodologia aplicada para este tipo de pesquisa foi a utilização da Técnica de Evocação Livre de Palavras (TELP), a qual consiste no respondente elencar quais são as palavras que lhe vem à mente de acordo com outra palavra, chamada de tema indutor. As 247 respostas obtidas foram separadas em grupos de acordo com as disciplinas já cursadas pelos alunos respondentes. O tema – interações intermoleculares – foi escolhido por representar um conceito fundamental na Química, considerado estrutural para compreender diversos fenômenos da Ciência, tais como: solubilidade, viscosidade, propriedades dos materiais e mudanças físicas. A pesquisa foi dividida em duas partes: a primeira procurou evidenciar as representações de alunos ingressantes no curso antes e após estudarem o tema no primeiro ano de graduação. O segundo comparou as respostas de alunos que acabaram de ingressar no curso e alunos avançados, com pelo menos três anos de estudos em Química. No primeiro estudo, o NC do grupo pré-ensino é formado por **ligação de hidrogênio**, **molécula** e **dipolo-dipolo**, e para o grupo pós-ensino, **ligação de hidrogênio** e **polaridade**. Além do que muda e permanece no NC, foi possível perceber uma mudança dos valores de frequências, ordem de evocação, coocorrência entre os conceitos e redução no total de evocações distintas, o que indica a homogeneização das evocações representando uma mudança promovida pelo estudo do tema. No segundo estudo, para o grupo formado por alunos ingressantes no curso o NC foi composto por **ligação de hidrogênio** e **molécula**. Já para o grupo avançado, o NC foi composto por **ligação de hidrogênio, interação de van der Waals** e **ligação química**. Conclui-se então que há pequenas diferenças no NC, no entanto, em todos os casos esteve presente o conceito **ligação de hidrogênio**, o que indica ser este o conceito central na representação dos alunos sobre o tema. De maneira geral, os resultados mostraram que os alunos ingressantes no curso evocaram conceitos mais abrangentes e com menor adesão ao tema; em contrapartida, os alunos mais próximos ao final do curso evocaram conceitos mais relevantes e apresentaram justificativas mais aprofundadas e coerentes. O método se mostrou eficaz, fornecendo uma análise preliminar da aprendizagem e serviu como um indicador inicial do conhecimento compartilhado e expresso pelos alunos.

Palavras-chave: Ensino e aprendizagem. Interações Intermoleculares. Representações Sociais. Teoria do Núcleo Central.

ABSTRACT

ZAMBELLI, MARIA HELENA. **An application of the Central Nucleus Theory on essential concepts associated to intermolecular interactions**. 2022. 142f. Dissertation (Master in Science Learning) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

This paper investigates which concepts undergraduate students in Chemistry consider crucial to intermolecular interactions. The research was based on the Central Nucleus Theory (CNT) from the Social Representations Theory (SRT), which aims to understand how people from the same social group share a given subject. The CNT suggests that any social representation is organized in a dual system: The Nucleus Central, which is formed by the essential concepts and organizes the others, and the Peripheral elements, which are the flexible ones that sustain the nucleus. The Free Word Evocation Technique (TELP) – a person list words that come to her mind after giving another word or theme – was the methodology chosen for this research. Two hundred forty-seven answers were later separated into groups based on the courses that students had already taken. The topic, Intermolecular Interactions, was selected because it represents a fundamental concept in Chemistry, considered structural to understand different scientific phenomena, such as solubility, viscosity, material properties, and physical changes. The research was divided into two parts: the first one highlighted the first-year students' representations before and after they had studied the subject. The second one compared the first-year students with the senior students' answers. In the first part, the CN for the pre-study group was **hydrogen bonds**, **molecules**, and **dipole-dipole**; and **hydrogen bonds** and **polarity** for the after-study group. Besides what stays and changes in the CN, it was possible to see a difference in the frequency values, evocation order, co-occurrence between the concepts, and total reduction of the distinct evocation. These state that a reminder homogenization represented a change after the subject had been studied. In the second part, for the first-year students, the CN was **hydrogen bond** and **molecules**, and **hydrogen bond**, **van der Waals interaction**, and **chemical bond** for the senior students There were few differences in the CN, but the **hydrogen bond** was present in every situation, indicating that this is the students' central representation of the theme. In general, the results show that first-year students remembered broader concepts and were less affiliated to the topic; by contrast, the senior students remembered more relevant ideas and presented profound and coherent reasons. This method proved to be efficient, giving us, a preliminary learning analysis and it serving as an initial indicator of shared knowledge expressed by the students.

Keywords: Education and learning. Intermolecular Interactions. Social Representations. Central Nucleus Theory.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 8

CAPÍTULO 1 – Referencial teórico 10

1.1 A Teoria das Representações Sociais 11

1.2 A Teoria do Núcleo Central da RS 15

1.3 Técnica de associação livre de Palavras – TELP 18

1.4 Aplicação das TRS em aprendizado de conceitos científicos 19

1.5 As Interações Intermoleculares no ensino de química 22

CAPÍTULO 2 – Questão de pesquisa e Objetivos 27

2.1 Questões de pesquisa.....28

2.2 Objetivos 28

2.2.1 Objetivos específicos 29

CAPÍTULO 3 – Metodologia 30

3.1 Público-alvo e categorização dos sujeitos de pesquisa 31

3.2 Coleta de dados e detalhamento da ferramenta – Questionário 32

3.3 Análise dos dados 37

3.4 Categorização dos conceitos evocados 46

CAPÍTULO 4 – Resultados: Estudo I 48

4.1 Estudo I 49

4.1.1 Pré-ensino – Análise da Saliência 50

4.1.2 Pré-ensino – Análise de Similitude 52

4.1.3 Pós-ensino – Análise de Saliência 55

4.1.4 Pós-ensino – Análise de Similitude 57

4.2 Discussão dos resultados – Estudo I (Pré e pós- ensino) 60

4.2.1 Categorização e análise qualitativa das evocações 67

CAPÍTULO 5 – Resultados – Estudo II 76

5.1 Estudo II 77

5.1.1 Ingressantes – Análise de Saliência 77

5.1.2 Ingressantes – Análise de Similitude 79

5.1.3 Avançados – Análise de Saliência 82

5.1.4 Avançados – Análise de Similitude 84

5.2 Discussão dos resultados – Estudo II (Ingressantes e Avançados) 87

5.2.1 Categorização e análise qualitativa das evocações 93

CAPÍTULO 6 – Conclusões 129

Referências 136

APRESENTAÇÃO

Este trabalho analisa quais são os conceitos mais importantes sobre o tema interações intermoleculares para alunos de graduação em Química da USP. O tema foi escolhido por representar um assunto essencial na Química, sem o qual diversos fenômenos seriam incompreendidos em sua totalidade. Entretanto, o seu ensino muitas vezes privilegia a classificação em detrimento de estudos mais aprofundados que relacionam a natureza da matéria.

Permito-me expressar em primeira pessoa nesse espaço. Sempre gostei da área de ensino de Química. Durante a graduação, fiz alguns trabalhos em linhas diferentes, como ensino-aprendizagem, educação inclusiva e história da ciência. Ao entrar no Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências e conhecer o Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano me interessei pelo tema das representações sociais e, desde então, nos debruçamos sobre como utilizar a teoria no campo de ensino-aprendizagem.

O grupo de pesquisa já contava com trabalhos essenciais para fornecer a base de nossa jornada. Diante disso, organizamos a presente dissertação intitulada: *Uma aplicação da teoria do Núcleo Central sobre os principais conceitos associados às interações intermoleculares*. O texto está dividido em seis capítulos, que compreendem o referencial teórico-metodológico, o tema interações intermoleculares, os objetivos, a metodologia, os resultados e a conclusão.

No Capítulo 1 introduzimos os referenciais que foram a base desta pesquisa: a Teoria das Representações Sociais, proposta por Moscovici (1961/1976), e a Teoria do Núcleo Central, elaborada por Jean-Claude Abric (1976). Essas teorias nos orientaram em como entender e analisar os dados. É abordado brevemente o tema da pesquisa, as interações intermoleculares, evidenciando a sua importância para a formação de um químico.

No Capítulo 2 apresentamos a questão de pesquisa que norteia o trabalho, o objetivo principal e os desdobramentos em objetivos específicos. No Capítulo 3 faz-se uma mostra da metodologia utilizada para essa pesquisa, como foi realizada, os programas necessários e o tratamento e a organização geral dos dados. Os passos

descritos na metodologia foram de suma importância para a construção da visão gráfica dos resultados encontrados.

No Capítulo 4 e 5 trazemos os resultados divididos em Estudo I e II, respectivamente. As análises envolvem o diagrama de Vergès, a árvore de máxima similitude e a análise das justificativas.

Finalmente, no Capítulo 6 apontamos as considerações finais decorrentes da pesquisa e discutimos o campo para a continuidade em novos trabalhos.

CAPÍTULO 1 – Referencial teórico

1.1 A Teoria das Representações Sociais

> As representações sociais são entidades quase tangíveis; circulam, se cruzam e se cristalizam continuamente através da fala, do gesto, do encontro no universo cotidiano. A maioria das relações sociais efetuadas, objetos produzidos e consumidos, comunicações trocadas estão impregnadas delas. (MOSCOVICI, 2012, p. 39).

A Teoria das Representações Sociais (TRS) foi idealizada por Serge Moscovici na sua obra *La psychanalyse – Son image et son public*, de 1961, e revisada em 1976. O autor se propôs a redefinir os problemas e os conceitos da psicologia social e buscou compreender como o conhecimento científico sobre psicanálise era difundido na sociedade como um todo (SÁ, 1996).

Segundo Jodelet (2001, p. 5), a Representação Social (RS) é “uma forma de conhecimento socialmente elaborada e partilhada, que tem um objetivo prático e concorre para a construção de uma realidade comum a um conjunto social”. Assim, a TRS busca entender como um determinado assunto é compartilhado por indivíduos de um mesmo grupo social. Moscovici sempre resistiu a apresentar uma definição precisa sobre as representações sociais, por pensar que isso reduziria o alcance da sua teoria (SÁ, 2002). Outros pesquisadores, como Jodelet, também contribuíram para elaborar uma definição:

> [...] representação social é sempre representação de alguma coisa (objeto) e de alguém (sujeito). As características do sujeito e do objeto nela se manifestam. A representação social tem como seu objeto uma relação de simbolização (substituindo-o) e de interpretação (conferindo-lhe significações). (JODELET, 2001, p. 27).

Abric, por sua vez, complementa ao dizer que

> Toda representación es así una forma de visión global y unitaria de un objeto, pero también de un sujeto. Esta representación reestructura la realidad para a la vez permitir una integración de las características objetivas del objeto, de las experiencias anteriores del sujeto, y de su sistema de normas y actitudes. Esto permite definir a la representación como una visión funcional del mundo que permite al individuo o al grupo conferir sentida a sus conductas, y entender la realidad

> mediante su propio sistema de referencias y adaptar y definir de este modo un lugar para sí. (ABRIC, 2001, p. 13).[1]

Deste modo, a representação de um objeto ocorre de forma dinâmica na relação indivíduo e coletivo (MOSCOVICI, 2012). As maneiras de interpretá-las podem ser diferentes, alguns pesquisadores argumentam no sentindo de que as RS podem ser compartilhadas por um grupo de pessoas, outros, de que ela é uma contribuição individual.

> Por um lado, representação social é concebido como um processo social de comunicação e discurso. Por outro, representações sociais são vistas como atributos individuais, como contribuições individuais, embora compartilhadas, das estruturas de conhecimento. Esse ponto de vista dual do conceito torna-o versátil, dando margem para várias interpretações e práticas que nem sempre são compatíveis umas com as outras. (WAGNER, 1998, p. 2).

As representações sociais estão presentes no universo cotidiano, porém se a realidade é fácil de perceber, o conceito não o é (MOSCOVICI, 2012). As crenças sobre um determinado assunto são compartilhadas por indivíduos do mesmo grupo, assim esse conhecimento em comum pode ser considerado uma representação social. Moscovici buscava compreender o porquê de os indivíduos partilharem um determinado conhecimento e o tornarem parte da sua realidade.

> Com o passar dos anos, os conhecimentos são transmitidos através das gerações e se interiorizam na sociedade. E este conhecimento vai se modificando, sendo acrescentados ou retirados significados, de modo que este processo é sempre dinâmico, a RS de um grupo hoje pode mudar com o passar dos anos devido a vários fatores. (MOSCOVICI, 2017, p. 30).

---

[1] Toda representação é assim uma forma de visão global e unitária de um objeto, mas também de um sujeito. Essa representação reestrutura a realidade para, ao mesmo tempo, permitir uma integração das características objetivas do objeto, das experiências anteriores do sujeito e de seu sistema de normas e atitudes. Isso permite que a representação seja definida como uma visão funcional do mundo que permite ao indivíduo ou grupo dar sentido aos seus comportamentos, e compreender a realidade através de seu próprio sistema de referências e assim adaptar e definir um lugar para si. (Tradução nossa)

Moscovici investigou como os processos circulam entre o conhecimento gerado pela ciência até se transformarem em senso comum e serem injetados na sociedade (SÁ, 2002). O conhecimento é produzido pela interação e comunicação e sua propagação sempre está ligada às motivações humanas (MOSCOVICI, 2017), em vista disto, as representações sociais são estabelecidas também a partir da interação e comunicação.

Para Moscovici (2017), o pensamento é dividido em dois tipos de universos, chamados de universo consensual e reificado. O universo consensual compreende o senso comum; os sujeitos formam as suas ideias a partir do meio em que vivem, sem a necessidade de ser um especialista no assunto. Já no universo reificado encontram-se os conhecimentos científicos e todas suas regras, lógicas e métodos. E mesmo tão diferentes, esses dois universos se relacionam. Arruda (2002) complementa afirmando que o universo consensual é composto da conversação informal, no cotidiano, e o universo reificado tem suas bases no espaço científico com hierarquia e linguagem bem característicos.

A Ciência possibilita o entendimento do universo reificado e as RS do universo consensual. Nesse sentido, as RS são produzidas por dois sistemas relacionados: a ancoragem e a objetivação. O primeiro transforma algo estranho em algo familiar. Segundo Alves-Mazzotti (2008, p. 524), “a objetivação é definida como a transformação de conceitos ou ideias em esquemas ou imagens concretas”. Já o segundo mecanismo tem como foco transformar algo abstrato em algo concreto, trazer um pensamento para o mundo físico (MOSCOVICI, 2017).

> Ancoragem é o outro processo, aquele que dá sentido ao objeto que se apresenta à nossa compreensão. Trata-se da maneira pela qual o conhecimento se enraíza no social e volta a ele, ao converter-se em categoria e integrar-se à grade de leitura do mundo do sujeito, instrumentalizando o novo objeto. (ARRUDA, 2002, p. 136).

Para Moscovici (2017, p. 61), ancorar é, portanto, “classificar e dar nome a alguma coisa”, e a objetivação “une a ideia de não familiaridade com a de realidade torna-se a verdadeira essência da realidade” (p. 71). Assim, esses sistemas são formas de lidar com a memória, a ancoragem a mantém em movimento, modificando

os fatos e acontecimentos, e a objetivação produz conceitos e imagens para expô-las no mundo exterior (MOSCOVICI, 2017).

Nesse sentido, entender como os alunos assimilam e fazem conexões de determinados conteúdos é importante quando se pretende apontar sugestões de melhorias no ensino. Cabe ressaltar que nesse trabalho foi utilizado um referencial teórico-metodológico aplicado com uma abordagem diferente da habitual, que não foi criada especificamente para estudar aprendizagem de conceitos e sim fenômenos sociais. Porém, outras áreas como Enfermagem, Serviço Social e Educação utilizam a teoria como referencial (SÁ, 1998). Neste sentido, aplicamos este referencial teórico-metodológico no contexto do aprendizado de um tema amplo no Ensino Superior, com o intuito de apontar se esta metodologia pode revelar algo sobre este processo de ensino-aprendizado ao comparar as “representações” expressas por alunos em diferentes momentos e estágios num curso superior.

O livro do professor Celso Pereira de Sá, *A construção do objeto de pesquisa em Representações Sociais* (1998), é uma referência principalmente para quem é iniciante na TRS, e nos ajuda a identificar: o objeto de pesquisa de RS; as ferramentas e métodos para a construção do fenômeno a ser investigado; se este pode ser escolhido como tal; e os requisitos conceituais que devem ser atendidos no processo investigativo. Sá (1998) aponta que existem três grandes dimensões do campo da RS: condições socioculturais, conteúdo cognitivo de uma representação e natureza epistêmica em confronto com o saber erudito. Afirma ainda que para uma pesquisa ser completa é necessário envolver todas as três dimensões. Mas é comum que muitas pesquisas foquem em apenas uma das dimensões, mesmo que cientes da existência das demais.

> Na consideração do estatuto epistemológico das representações focalizam-se as relações que a representação guarda com a ciência e com o real, remetendo para a pesquisa das relações entre o pensamento natural e o pensamento científico, da difusão dos conhecimentos e da transformação de um tipo de saber em outro, bem como das decalagens entre a representação e o objeto representado, em termos de distorções, supressões e suplementações. (SÁ, 1998, p. 33).

1.2 A Teoria do Núcleo Central da RS

Há diversas abordagens da Teoria das Representações Sociais, como a perspectiva societal de Doise, a culturalista de Jodelet e a abordagem estrutural proposta por Abric. A pesquisa pode ser assim aplicada em diferentes áreas do conhecimento. Nesse texto nos concentraremos na abordagem estrutural proposta por Jean-Claude Abric em sua tese de doutorado, defendida em 1976 na Universidade de Provence, intitulada *Jeux, conflits et représentations sociales*. A Teoria do Núcleo Central (TNC) é embasada nas ideias da TRS e não é uma substituição da teoria; é caracterizada como um subconjunto dessa e proporciona uma contribuição teórico-metodológica para o crescimento dos estudos nesta perspectiva (SÁ, 1996).

> […] a teoria do núcleo central, como abordagem complementar à grande teoria, deriva suas características mais marcantes do envolvimento sistemático com a prática experimental, e, por isso mesmo, lhe proporciona uma complementaridade mais proveitosa do que se tivesse trazido para o campo de estudos apenas o que já se configurava como o habitual. (SÁ, 2002, p. 61).

Abric sugeriu que a representação social se organizava em torno de um núcleo central, o qual coordenava o comportamento dos indivíduos e, consequentemente, dos grupos em relação a diferentes situações (SÁ 1996). A teoria sugere que as representações sociais são compostas por dois sistemas: o *núcleo central*, formado por conceitos mais importantes para o grupo social, organizam os demais termos, e *elementos periféricos*, os quais são flexíveis e sustentam o núcleo.

> A organização de uma representação apresenta uma característica particular: não apenas os elementos da representação são hierarquizados, mas além disso toda representação é organizada em torno de um núcleo central, constituído de um ou de alguns elementos que dão à representação o seu significado. (ABRIC, 1994a apud SÁ, 2002, p. 62).

Deste modo, a estrutura de uma representação social é integrada por um sistema central e um periférico. O primeiro contém a natureza do objeto social e

expressa a relação do com o objeto de estudo. O núcleo central confere sentido aos demais componentes, sustenta e organiza a RS. Os elementos periféricos são mais flexíveis e mais vicinais ao grupo, além disso, estabelecem uma relação entre núcleo e realidade. Como aponta Abric (1998, p. 32), “os elementos periféricos resultam da ancoragem da representação na realidade”, permitem a exclusão e modificação dos termos sem comprometer a rede, além de blindar o núcleo. Ambos se complementam e são importantes para a sustentação da RS.

Para compreender os sistemas e os símbolos que pertencem a um determinado grupo de pessoas, a TNC proporciona uma ferramenta capaz de estudar o pensamento de uma parcela escolhida da sociedade.

> O quadro que se segue, proporcionado por Abric (1994b, p. 80), bem sintetiza as características e funções diferenciais de cada um dos sistemas postulados na organização interna das representações sociais […]. (SÁ, 1996, p. 61).

Quadro 1 – Caracterização do sistema central e periférico

Sistema central	Sistema periférico
● Ligado à memória coletiva e à história do grupo; ● Consensual; define a homogeneidade do grupo; ● Estável; ● Coerente; ● Rígido; ● Resistente à mudança; ● Pouco sensível ao contexto; ● Imediato.	● Permite a integração das experiências e histórias individuais; ● Suporta a heterogeneidade do grupo; ● Flexível; ● Suporta as contradições; ● Evolutivo; ● Sensível ao contexto imediato.
Funções	**Funções**
● Gera a significação da representação; ● Determina sua organização.	● Permite adaptação à realidade concreta; ● Permite a diferenciação do conteúdo ● Protege o sistema central.

Fonte: Adaptado de Sá (1996).

O sistema central é mais resistente a mudanças. Geralmente é constituído de conceitos abstratos e normatizam a RS, enquanto os termos presentes nas periferias, em sua essência, são conceitos práticos e de natureza utilitária (WACHELKE; CAMARGO, 2007). Esses dois sistemas se completam e caracterizam a representação.

> […] Claude Flament apresentou seu esquema sobre a mudança representacional a partir das práticas, descrevendo como a estrutura representacional busca, repetidamente e de diversas formas, se adequar a mudança de ação no grupo, para que esta mudança fique conforme ao pensamento. (WACHELKE; WOLTER; NAIFF, 2016, p. 1140)

A aplicação da TNC auxiliará na análise e compreensão da estrutura conceitual. A evocação livre de palavras deve traduzir em parte a estrutura conceitual de um grupo sobre um tema científico estabelecido. Deste modo pode ser utilizada para compreender como um determinado conteúdo é construído e difundido nas instituições de ensino. O grupo que foi escolhido para participar deste trabalho está inserido no espaço científico – a universidade –, pertencente a um universo reificado, onde circula a ciência com linguagem bem estabelecida. Essa metodologia de estudo será válida ao partir do pressuposto de que essa RS não representa o senso comum da sociedade, e sim de um grupo social estritamente acadêmico composto pelos alunos de graduação em Química da USP.

> Podemos decir que una representación social es un conjunto organizado de cogniciones relativas a un objeto, compartidas por los miembros de una población homogénea en relación con ese objeto. Pero no se trata aquí de una definición, porque la formula, en el estado inicial en que estarnos, es circular: la representación social se define por la homogeneidad de la población, que se explica a su vez por la colectividad de la representación social. (ABRIC, 2001).

Por meio dessas colocações, o nosso objeto de estudo se constitui de uma parcela homogênea da sociedade – totalmente composta por estudantes de graduação em Química da USP – e, consequentemente, tem contato direto com o tema. Ademais, buscamos compreender qual ou quais são as relações entre a RS e

os conceitos que estruturam um conhecimento científico; quais as correlações e diferenças entre estes conceitos, logo, resultados, de uma pesquisa que seguem esta metodologia.

Aqui cabe ressaltar que foi realizada uma adequação do referencial metodológico para aplicá-lo em um contexto envolvendo aprendizagem de conceitos. Logo, iremos utilizar as palavras Núcleo Central, Periferias e Zona de Contraste sem o compromisso de representar fielmente um objeto de estudo que envolva a TRS.

1.3 Técnica de associação livre de Palavras – TELP

A Técnica de Evocação Livre de Palavras (TELP) ou Técnica de Associação Livre de Palavras (TALP), é utilizada ao convidar o respondente a escrever as primeiras palavras e/ou expressões que lhe vierem à mente ao pensar em um vocábulo (ou expressão), chamado de termo indutor. A análise das evocações é realizada através da análise prototípica que é "[…] uma das técnicas mais difundidas para a categorização estrutural de uma representação social" (WACHELKE; WOLTER, 2011, p. 521). Esta técnica auxilia na análise da frequência dos termos evocados – ranqueamento dos termos e ordem média de evocação –, o que mostra se o termo é prontamente evocado ou não e a coocorrência entre os termos, quais termos são evocados juntamente. E por se tratar de um processo espontâneo é natural que o pesquisador obtenha respostas mais facilmente do que em uma entrevista, como aponta Abric (2001, p. 56):

> Todavía más que la entrevista, el cuestionario es hasta hoy la técnica más utilizada en el estudio de las representaciones. Este éxito parece poder explicarse por diversas razones: al contrario de la entrevista – método esencialmente cualitativo – el cuestionario permite introducir los aspectos cuantitativos fundamentales en el aspecto social de una representación.

Essa técnica permite acessar os conceitos mais importantes para esse grupo e pode contribuir para a redução da dispersão dos termos. Além disso, permite facilitar

o encontro de conceitos que talvez sejam mascarados em entrevistas ou em textos mais longos segundo Sá (1996) e Abric (2001). Entretanto, é necessária a aplicação de métodos complementares, como entrevistas e a aplicação de outros questionários, para que a análise seja mais próxima da representação social do grupo sobre o objeto de pesquisa. Neste trabalho de levantamento inicial, foram pensadas algumas perguntas adicionais, além da TELP, que envolvem a justificativa dos conceitos e a construção de frases, para que fosse possível obter mais informações sobre a justificativa de cada evocação, e consequentemente contribuir na construção da estrutura da RS sobre interações intermoleculares.

1.4 Aplicação das TRS em aprendizado de conceitos científicos

Este trabalho está centrado em um ambiente acadêmico de aprendizado do conhecimento reificado e não de senso comum, embora os dois influenciem no aprendizado, como mostra a literatura das concepções alternativas[2] no ensino de ciências. Nesta pesquisa não foi realizada uma revisão bibliográfica, contudo, é possível encontrar artigos com revisão das RS, por exemplo, em trabalhos recentes no contexto do ensino de física (HILGER; MOREIRA, 2016). Finatti, Gomes e Corrallo (2018), por sua vez, fizeram um levantamento dos trabalhos que buscam levantar as RS de conceitos científicos no contexto do ensino de ciências em revistas de língua portuguesa e espanhola, publicados entre 2013 e 2018. Foram encontrados 19 artigos, sendo 14 publicados por pesquisadores brasileiros. Boa parte dos trabalhos (9) aborda temas relacionados a educação ambiental, chuvas, mudanças climáticas e poluição de águas. Outros termos utilizados foram astronomia, combustível, física quântica, nutrição, parasitas, radiação e reações químicas. O público-alvo destes trabalhos foram estudantes de ensino médio (8) e professores da educação básica(4).

---

[2] Existem diversas denominações associadas às *concepções alternativas*, as mais usadas na literatura são: i) *misconception*, utilizada com maior frequência, salienta o *erro* dos conceitos apresentados pelos estudantes; ii) *concepção alternativa* representa uma concepção não necessariamente errônea, mas uma outra possibilidade empobrecida do ponto de vista de um conceito científico; iii) expressões tais como *referencial teórico* e *teoria* sugerem que as *concepções prévias* dos estudantes encontram-se integradas e inter-relacionadas em estruturas; iv) existe, ainda, um grupo de expressões intermediárias como *pré-concepções*, *crenças ingênuas*, *noções espontâneas*, *concepções espontâneas* e outras relativas à presença, nos estudantes, de ideias anteriores ao ensino. (*cf.* Smith *et al.*, 1983).” (Braz da Silva, 1998, p. 4)

As RS de licenciados e alunos do ensino fundamental foram investigados em três trabalhos cada.

No contexto do ensino, é possível encontrar alguns trabalhos que utilizam a TRS como aporte teórico-metodológico e investigação de conceitos: Lacolla, Villagrá e Valeiras (2014) buscaram as RS sobre reações químicas antes e depois do ensino com uma sequência didática pensada. Neste trabalho é apontado que é possível determinar a RS que os alunos têm, assim como visualizar a sua modificação após a abordagem na sala de aula. A investigação foi realizada com 51 alunos do quarto ano de uma escola secundária[3] da cidade de Buenos Aires. As respostas foram obtidas por um questionário que utilizou a TELP sobre o termo indutor "reação química"; foram pedidas cinco ou mais palavras que viessem à mente dos alunos, e que logo após as numerassem de acordo com a ordem de importância. As conclusões apontaram para a importância de compreender as transformações químicas e que as RS têm um impacto importante na construção do campo conceitual. Salientam também que a aplicação das RS em contexto de práticas escolares é nova e que no geral as pesquisas são voltadas para motivação ou interesses dos alunos, concepções dos professores sobre o ensino e atuação na sala de aula.

No trabalho realizado por Calheiro e Pino (2015) foi explorado as RS acerca do tema "radiação" de alunos do ensino médio. Foram analisadas as respostas de 108 alunos de uma escola pública através de um questionário que continha uma questão aberta sobre o tema – para buscar as ideias mais expressivas dos estudantes sobre o tema –, a TELP com o tema indutor "radiação" e, por último, a hierarquização dos termos. As conclusões apontaram para uma diversidade nas respostas, mesclando elementos do senso comum e do conhecimento científico, evidenciando a necessidade de ajustes que podem ser realizados durante a apresentação desse tema na sala de aula.

Fonseca (2014) realizou uma pesquisa sobre poluição da água. Seu público-alvo foram 28 alunos pertencentes à 2ª série do Curso Técnico em Química integrado ao Ensino Médio de Caxias do Sul. Na primeira parte da pesquisa coletou-se os dados

[3] O artigo a descreve como uma escola estadual que prepara os alunos para prosseguir estudos universitários em contabilidade ou carreiras semelhantes, com baixa carga horária de disciplinas na área de ciências.

por meio de um questionário utilizando a TELP e uma pergunta aberta sobre o tema a fim de contemplar mais detalhes do sentido da RS. Posteriormente, na segunda parte, após a coleta dos questionários, o professor realizou uma sequência de aulas nas quais a RS dos estudantes foram utilizadas como ponto de partida e problematização e, ao final, os alunos apresentaram um seminário sobre o tema. As conclusões, além de indicarem as RS do grupo, apontaram que existem diferenças de natureza epistemológica entre os conhecimentos oriundos do universo consensual e do universo reificado, porém, que devem ser levados em conta no planejamento das aulas do ensino básico.

Hilger, Stipcich e Silveira (2017) pesquisaram as RS sobre Física Quântica que circulam no meio acadêmico através de dois grupos de universitários iniciantes de graduação em Engenharia no Brasil e na Argentina, totalizando 99 alunos. Foi utilizado um questionário dividido em duas etapas: a primeira continha a TELP com o termo indutor “física quântica” e a segunda apresentava um teste de associação numérica de palavras (Técnica de Associação Numérica de Palavras – TANP) na qual o aluno deveria numerar de 1 a 7 o grau de similaridade de palavras fornecidas. As conclusões apontaram que a ideia de Física Quântica é difundida em vários locais (TV e mídias em geral) e com isso vão sendo construídas RS que podem ser obstáculos epistemológicos para aprender os conceitos científicos corretos.

A temática educação ambiental foi discutida por Falcão e Roquette (2007), que investigaram as RS sobre natureza dos alunos do Ensino Fundamental de quatro escolas em diferentes regiões do Rio de Janeiro, a partir de observação direta, questionários e entrevistas. A observação se deu para conhecer a realidade da escola e as entrevistas foram realizadas com os diretores e professores responsáveis pelas turmas. Por último, os alunos responderam um questionário com quatro questões abertas que envolviam o tema, totalizando 330 respondentes. A metodologia seguida foi a análise do discurso do sujeito coletivo (DSC), que tem como objetivo identificar as RS a partir das expressões orais ou escritas expressas individualmente. Os resultados apontaram que a ideia de separação homem-natureza prevaleceu assim como os aspectos da região zona rural, urbana, questões sociais e religiosas influenciaram nas respostas.

A temática astronomia foi investigada no trabalho de Barbosa e Voelzke (2017), que buscaram contrastar as RS sobre o tema de 653 alunos do Ensino Médio. A pesquisa se deu por meio de um questionário, que utilizou a TELP, e posteriormente, da hierarquização das evocações. Os resultados identificaram as RS dos estudantes, concluindo que as pesquisas com esse tema no âmbito do ensino podem implicar mudanças de posturas dos professores no desenvolvimento de atividades que vão ao encontro as concepções dos alunos a fim de melhorar a aprendizagem.

1.5 As Interações Intermoleculares no ensino de química

O estudo das interações intermoleculares foi iniciado com os experimentos em sistemas gasosos dos cientistas Jacques Charles, Robert Boyle, Joseph Louis Gay-Lussac e Johannes van der Waals (ROCHA, 2001). As interações intermoleculares são forças que ocorrem entre as moléculas e se diferem das forças que ocorrem nas ligações entre átomos (intramoleculares) (ATKINS, 2012). São forças de natureza eletrostática, pelas quais as moléculas se atraem ou se repelem, entretanto, não há quebra ou formação de novas ligações químicas (ROCHA, 2001).

O tema foi escolhido por representar um conceito essencial na ciência, já que majoritariamente todos os fenômenos da natureza envolvem interações. Decorrem dessas interações os fundamentos para o entendimento da matéria em nível microscópico. Entre os fenômenos que essas forças explicam estão: propriedades dos materiais e mudanças físicas (POZO; CRESPO, 2009); solubilidade, pontos de fusão e ebulição (JASIEN, 2008); efeitos da adsorção e viscosidade (BARBOSA et al., 2015); estruturas tridimensionais das moléculas de DNA, RNA e proteínas (ROCHA, 2001); entre outras coisas, que podem ir de tingimento de tecidos até interações medicamentosas (BURKHOLDER; PURSER; COLE, 2008). Assim, sua importância é irrefutável, como afirma Pozo e Crespo (2009, p. 116):

> O conceito de interação é, em nossa opinião, um dos esquemas conceituais sobre os quais se assenta o conhecimento científico e um dos que traz maiores dificuldades para os alunos na aprendizagem da ciência […].

Embora seja um dos temas fundamentais para o ensino de química JASIEN (2008), seu estudo é diluído ao longo do curso, não havendo uma disciplina que lhe é exclusiva, ou uma maior ênfase quando apresentado.

> A fragmentação do conteúdo ao longo do ensino, onde não há uma ligação entre o que é abordado nas várias disciplinas, possivelmente dificulta o entendimento de seus significados e, mais ainda, contribua para que o aluno não tome consciência da centralidade do tema para o conhecimento químico. Essa disposição convencionalmente existente nas práticas de ensino e em grande parte dos livros didáticos, pode dificultar o estabelecimento de relações entre os conceitos envolvidos no tema e, portanto, a construção de modelos explicativos mais lógicos e coesos. (JUNQUEIRA, 2017, p. 19).

Além da fragmentação ao longo do conteúdo, o ensino geralmente destaca a forma classificatória, focando-se principalmente nos tipos de interação (REIS, 2008). Assim, o aluno decora os nomes ou a intensidade da força, porém não consegue ir além desta classificação.

> A problem arises when it is explained to the student that H-bonding is the strongest type of intermolecular interaction, followed by dipole–dipole, and finally by the weak dispersion forces. This ordering will often give students the erroneous idea that compounds that H-bond will have the strongest intermolecular interactions and hence the highest boiling points. (JASIEN, 2008, p. 1222).[4]

Outro ponto que vale ressaltar é a quantidade de nomes relacionados às interações intermoleculares, como os tipos de interação e os vários conceitos estruturais inseridos nesse tema, o que pode ser um fator que confunde os estudantes:

> A principal dificuldade percebida parece estar relacionada à nomenclatura […] como geralmente se utilizam palavras compostas para mencionar uma interação intermolecular (dipolo-dipolo, dipolo induzido-dipolo induzido etc.), alguns

[4] Um problema surge quando é explicado ao aluno que a Ligação Hidrogênio é o tipo mais forte de interação intermolecular, seguida por dipolo-dipolo e, finalmente, pelas forças de dispersão. Essa ordenação muitas vezes dará aos alunos a ideia errônea de que compostos com Ligação Hidrogênio terão as interações intermoleculares mais fortes e, portanto, os pontos de ebulição mais altos. (Tradução nossa)

> estudantes se sentem livres para combinar palavras, sem realmente refletir sobre a interação que estão propondo. Exemplo disto é a resposta elaborada por um aluno, se referindo a uma interação do tipo íon-van der Waals. (RODRIGUES; SILVA; QUADROS, 2011, p. 1842).

É necessário conhecer as nomenclaturas e conceitos para que o aluno compreenda a linguagem química, entretanto, chama a atenção a quantidade de possibilidades. Por exemplo, a “força dispersiva de London”, pode ser também chamada de dipolo induzido–dipolo induzido, forças de dispersão, forças dispersivas e forças de London. Note que para a mesma interação podem ser encontradas cinco variações de nomenclatura. Isto posto, pode-se esperar que os professores utilizem menos variações para não gerar confusões posteriores. Outra confusão recorrente é entre a interação intramolecular (ligação química) e intermolecular (FERNANDEZ; MACONDES, 2006), que é preocupante uma vez que compreender esse tema é fundamental em um curso de química (COOPER; WILLIAMS; UNDERWOOD, 2015). Algumas sugestões para minimizar essa confusão foram apontadas em Junqueira (2017), como por exemplo, relacionar as diferenças energéticas entre as interações e a discussão submicroscópica das consequências do rompimento das interações.

Refletindo sobre o currículo, no Ensino Médio o assunto é normalmente abordado no primeiro ano, depois do tema ligações químicas, de forma a classificá-las nos tipos existentes, e no último ano, dentro do conteúdo de Química Orgânica para explicar as propriedades dos compostos orgânicos. No curso de graduação em Química, o tema é abordado na disciplina de Química Geral, na qual também tende a ser apresentado de forma classificatória (REIS, 2008; JUNQUEIRA, 2017). Nas disciplinas de Química Orgânica, o conceito é utilizado para relacionar suas propriedades físicas e o tipo de interação presente, na Bioquímica são estudadas o DNA e outras macromoléculas biológicas; na Química Analítica, o conteúdo de cromatografia, e na área de Físico-química, nas discussões equilíbrios físicos (JUNQUEIRA, 2017).

Nosso grupo de pesquisa vem realizando trabalhos que envolvem o tema de interações intermoleculares em diferentes contextos. A tese de Junqueira (2017) investigou o processo de aprendizagem dos alunos ingressantes do curso de Química do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. As aulas foram acompanhadas

e gravadas em vídeo; os alunos responderam questionários para evidenciar suas dificuldades; e o livro didático utilizado foi analisado através de mapas conceituais. Além disso, o livro didático e as aulas assumem uma abordagem classificatória e a tese discute as consequências disto. A análise demonstrou que os alunos apresentam diversas dificuldades. Entre as principais dificuldades apontadas estão: não compreender que as forças dispersivas de London são universais; e não reconhecer que as moléculas podem apresentar diferentes tipos de interações e indiferenciação entre interações intramoleculares e intermoleculares. Os resultados apontaram para uma necessidade de não focar somente no ensino classificatório e sim em uma ênfase na estrutura molecular e propriedades moleculares, tais como: polaridade, polarizabilidade e nuvem eletrônica – conceitos que expliquem a distribuição de cargas numa molécula e a possibilidade se se alterar esta distribuição.

A dissertação de Messias Júnior (2020) teve como objetivo levantar a estrutura conceitual do tema interações intermoleculares em um livro didático de Ensino Superior, o qual é referência para as disciplinas de Química Geral dos cursos de graduação em Química da USP. No trabalho, o pesquisador analisou o livro através de análises de rede, buscando também identificar os conteúdos conceituais no texto. As conclusões sinalizaram que no capítulo analisado o conteúdo é abordado de forma classificatória, discutindo cada tipo de interação por vez apresentando as propriedades físicas e as respectivas influências nas propriedades macroscópicas. Por um lado, o estudo de cada interação separadamente permite compreender melhor cada uma, entretanto, pode reforçar que existe uma interação mais importante do que a outra e que sempre agem nos sistemas de forma isolada. Além disso, foi possível analisar a estrutura conceitual do tema através das métricas de análise de rede, assim, outros temas também podem ser abordados dessa forma afim de facilitar a aprendizagem de conceitos pelos discentes.

Por último, a tese recente de Seribeli (2022), na qual foram realizadas entrevistas com especialistas (professores da área) a fim de buscar quais os principais, dados, conceitos e princípios para a aprendizagem de interações intermoleculares, no contexto do curso superior em Química. Em suma, os professores salientaram a necessidade de se buscar uma abordagem com ênfase nas estruturas moleculares, o que consequentemente implica a:

> compreensão de parâmetros moleculares como o momento de dipolo e a polarizabilidade, no entanto, no estudo das interações intermoleculares e especificamente das forças dispersivas fica evidente também a importância da noção das estruturas moleculares das substâncias envolvidas nas interações. (SERIBELI, 2022, p. 144).

Além dessa análise, o pesquisador realizou um levantamento bibliográfico sobre o tema, o qual contribuiu para as entrevistas e discussão.

Nesse cenário, tendo em vista os objetivos descritos, utilizar a TNC para investigar a compreensão de conceitos científicos foi uma continuidade dos trabalhos que o grupo de pesquisa vem produzindo. O tema interações intermoleculares foi investigado na esfera da graduação com foco em um dos livros didáticos utilizados, nos professores que lecionam esse conteúdo e nos alunos do curso superior em química.

CAPÍTULO 2 – Questão de pesquisa e Objetivos

2.1 Questões de pesquisa

Este trabalho será orientado pelas seguintes questões: o referencial teórico-metodológico da TNC pode ser aplicado para investigar a compreensão de conceitos científicos no ensino de ciências? Tal abordagem permite identificar diferenças entre alunos em momentos distintos do curso, de maneira a refletir alterações promovidas pelo processo de ensino?

Para ambas as perguntas temos como hipótese que sim, é possível verificá-las através de análises de similitude, saliência e da análise bidimensional proposta nesse trabalho, uma vez que é possível que as RS se modifiquem sutilmente pela aprendizagem e consolidação dos conceitos que envolvem as interações intermoleculares, e alguns elementos, os quais julgamos centrais, podem aparecer nas periferias perdendo a relevância para o grupo. E somadas as evocações faz-se necessário um estudo em conjunto com a análise das justificativas para auxiliar no entendimento dos conceitos lembrados.

2.2 Objetivos

Os conceitos mais relevantes sobre um tema podem ser obtidos, visualizados e utilizados para investigar de forma gráfica e objetiva as principais relações conceituais existentes. Com esta estratégia pode-se entender se há predominância de conceitos ou grupo de conceitos em relação aos demais, qual a relevância dos mesmos segundo o ponto de vista químico, quais conceitos são utilizados juntamente e quais são menos importantes, mas sustentam a estrutura.

Em pesquisas sobre o tema, Reis (2008), Pazinato (2016), Junqueira (2017) e Messias Júnior (2020) apontam que interações intermoleculares é um conceito essencial e estrutural da química. Por estes motivos, o **objetivo geral** deste trabalho é aplicar a TELP para investigar os alunos de Graduação em Química do Instituto de Química da USP de forma a obter os conceitos mais importantes sobre interações intermoleculares em diferentes etapas do curso. Neste sentido, visa-se delinear os

conceitos mais importantes, as relações entre eles e proporcionar uma contribuição para a linha de pesquisa. Para alcançar esse objetivo foram traçados alguns objetivos específicos que estão descritos a seguir.

2.2.1 Objetivos específicos

1. Investigar, utilizando a TELP (Técnica de Evocação Livre de Palavras), as evocações dos alunos sobre interações intermoleculares e se os conceitos centrais e periféricos sofrem mudanças ao longo do curso de graduação;

2. Aplicar a TELP e analisar de forma gráfica o grupo de alunos ingressantes no curso e após um período de estudos (Estudo I);

3. Aplicar a TELP e analisar de forma gráfica os alunos ingressantes no curso e alunos próximos ao final do curso (Estudo II);

4. Estudar outras formas de análises gráficas (análise bidimensional) dos dados comparando os resultados obtidos em cada grupo;

5. Desenvolver um instrumento de pesquisa que possibilite obter os conceitos mais relevantes dos alunos sobre um determinado conceito. Espera-se que essa metodologia possa ser replicada em outras pesquisas semelhantes.

CAPÍTULO 3 – Metodologia

3.1 Público-alvo e categorização dos sujeitos de pesquisa

Os sujeitos que compõem esta pesquisa são os alunos regularmente matriculados no curso de Bacharelado/Licenciatura em Química dos períodos integral e noturno do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. Participaram no total 247 alunos, sendo matriculados no período integral e no período noturno. Os alunos responderam a um questionário individual durante uma aula de disciplinas regulares do curso, cujo tempo foi previamente cedido pelo professor[5].

Para avaliar se ocorrem mudanças de representação dos discentes ao longo do curso de graduação foram utilizados dois critérios para diferenciar os indivíduos e, consequentemente, agrupar os alunos de acordo com o período e as disciplinas[6] já cursadas no curso de Química. Assim, os alunos respondentes foram categorizados em três grupos:

i) Os alunos que entraram no curso em 2018 pertencem ao grupo “ingressante” e não tem nenhuma disciplina concluída no momento da coleta;

ii) o grupo “iniciante” tem como pré-requisito: não ter tempo de curso superior a um ano; aprovação em QGI; estar cursando QGII e Introdução à Bioquímica. Esses pré-requisitos foram escolhidos pois durante estas disciplinas os alunos têm um primeiro contato com o tema no curso de graduação. Na ementa de QGI consta que serão abordados: “As forças intermoleculares e sua influência nas propriedades de sólidos, líquidos e gases”, e em Introdução à Bioquímica as: “Interações químicas que mantêm a estrutura das biomoléculas e de seus complexos supramoleculares”;

iii) O grupo “avançado” tem como pré-requisito: ter no mínimo 3 anos de curso; ter sido aprovado em todas as disciplinas listadas nos dois grupos anteriores; e ter cursado: Introdução à Bioquímica, Estrutura e propriedades de compostos orgânicos, Reatividade de compostos orgânicos, Bioquímica metabólica, Biologia molecular,

---

[5] As disciplinas nas quais os alunos responderam o questionário foram escolhidas de acordo com o tempo de curso, logo para obter respostas dos ingressantes o questionário foi aplicado para os discentes cursando química geral I. Para obter respostas dos alunos avançados foram escolhidas disciplinas que normalmente os alunos próximos ao término do curso estão matriculados.

[6] As ementas completas de cada disciplina podem ser consultadas em: https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=46&codcur=46300&codhab=300&tipo=N (Acesso em 1º de dezembro de 2021).

Química orgânica experimental e Físico-Química III. Essas disciplinas foram escolhidas pois os alunos que estão dentro dessa condição praticamente terminaram o núcleo comum de disciplinas do curso de graduação.

Posteriormente à essa divisão de acordo com o nível de estudo foram checadas as disciplinas cursadas de cada respondente e os grupos foram finalmente estabelecidos de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Caracterização dos grupos de alunos

Grupo	Número de respostas		Total de Respostas	Disciplinas cursadas ou em curso exigidas para inclusão no grupo	Tempo de curso
	2015[7]	2018			
Alunos ingressantes	-	102	102	Nenhuma	-
Alunos iniciantes	-	45	45	Química Geral I Química Geral II Introdução à Bioquímica	Entre 6 meses e 1 ano
Alunos avançados	62	83	145	Estrutura e propriedades de compostos orgânicos Reatividade de compostos orgânicos Bioquímica metabólica Biologia molecular Química orgânica experimental Físico-Química III	Mínimo 3 anos

Fonte: Autoria própria

3.2 Coleta de dados e detalhamento da ferramenta – Questionário

Este trabalho de pesquisa de natureza qualitativa utilizou como instrumento de coleta de dados os Questionários 1 (Anexo 1) e 2 (Anexo 2) baseados na abordagem estrutural (ABRIC, 2001), com o objetivo de identificar a RS e possíveis mudanças sobre interações intermoleculares dos grupos citados anteriormente. Uma hipótese e que a heterogeneidade de formação – tempo de estudo em Química – pode influenciar nas diferenças das RS entre os grupos.

[7] Coleta realizada pelo grupo no ano de 2015.

Segundo ABRIC (2001), o questionário de coleta de dados é o instrumento mais utilizado para este tipo de pesquisa, pela possibilidade de também abordar aspectos quantitativos, podendo auxiliar, por exemplo, no entendimento de como a população estudada está organizada e identificar ideias destes grupos.

> […] el cuestionario permite introducir los aspectos cuantitativos fundamentales en el aspecto social de una representación: análisis cuantitativo del contenido que permite, por ejemplo, identificar la organización de las respuestas; poner de manifiesto los factores explicativos a discriminantes en una población, a entre poblaciones […]. (ABRIC, 2001, p.56)

O questionário semiestruturado utilizado neste trabalho possui padronização das perguntas e limitação de espaço para as respostas. Ambos os quesitos corroboram para uma diminuição do desvio do tema, e assim essa ferramenta pode auxiliar a identificar o NC e as periferias de grupos volumosos de participantes. A coleta de dados foi realizada através da ferramenta já apresentada no referencial teórico, a Técnica de Evocação Livre de Palavras (TELP), na qual é solicitado ao aluno que escreva as cinco palavras que lhe vêm à mente mediante um tema pré-estabelecido, denominado termo indutor, posteriormente os discentes justificam cada um dos conceitos lembrados (WACHELKE; CAMARGO, 2007; VOGEL, 2016; CORRALLO, 2017).

Esta pesquisa conta com dois momentos de coleta de dados e consequentemente dois questionários distintos, mas muito parecidos, foram utilizados neste trabalho. A primeira coleta de dados foi realizada em 2015, pelo grupo de pesquisa e não pela autora deste trabalho. O primeiro, (Anexo 1 – Questionário 1), foi uma abordagem inicial (MAXIMIANO; OMIYA; JUNQUEIRA, 2017), e o segundo, aplicado pela autora em 2018 (Anexo 2 – Questionário 2), foi ampliado e aprimorado com base no anterior. O instrumento de pesquisa foi remodelado com mais questões, objetivando mais informações para auxiliar no entendimento da RS do grupo.

A coleta de 2015 foi realizada durante o 2º semestre com alunos cursando as disciplinas: Química Geral II, Reatividade de Compostos Orgânicos, Química Orgânica Experimental e Química Atmosférica, oferecidas idealmente para os 2º, 4º, 6º e 8º semestres, respectivamente. Os discentes pertenciam tanto ao período integral

quanto ao noturno[8], totalizando uma amostra de 62 alunos cujo ano de ingresso varia de 2009 a 2015.

Neste grupo de alunos foi utilizado o Questionário 1 composto por quatro perguntas. Na primeira parte, lhes foi solicitado assinar um termo de livre consentimento garantindo-lhes que suas informações não seriam divulgadas, somente empregadas para análise neste trabalho e publicações resultantes. Foi solicitado dos respondentes: Nome, NUSP (número de matrícula) e ano de ingresso, apenas para auxiliar na sua categorização. Na pergunta inicial (Questão 1), os alunos deveriam citar as cinco primeiras palavras ou conceitos que lhes viessem à mente a partir do tema indutor “interações intermoleculares”, respeitando a ordem em que fossem lembradas, o que constitui a TELP em si.

Após responder à Questão 1, os discentes recebiam a segunda parte do questionário, na qual deveriam responder às três perguntas restantes. Na pergunta seguinte (Questão 2) foi solicitado que produzissem frases relacionando-as às palavras evocadas na Questão 1; a Questão 3 consistia em uma série de indagações sobre a abordagem do tema ao longo da graduação; e, a última, Questão 4, tinha o objetivo de observar se os alunos consideravam as interações intermoleculares importantes para a Química justificando a resposta.

Em 2018, os dados foram coletados utilizando-se o Questionário 2 durante o primeiro semestre com os alunos cursando as disciplinas: Química Geral I, Físico-Química II, Físico-Química III, Química Orgânica Experimental, Instrumentação para o Ensino de Química I e Química Ambiental III, oferecidas idealmente nos 1º, 4º, 6º, 6º, 7º e 10º semestres, respectivamente. Os dados coletados totalizaram uma amostra de 83 alunos cujo ano de ingresso varia de 2010 a 2018.

Nesta etapa, as perguntas foram repensadas para obter mais informações que contribuíssem para a análise. Este questionário contém seis perguntas. A questão inicial (Questão 1), que utiliza a TELP, foi mantida, porém acrescentamos-lhe a sugestão de poder ser respondida com “palavras ou expressões” para abranger um maior número de conceitos. O mesmo método de aplicação foi mantido: logo após o

[8] Não foi realizada uma comparação entre as respostas dos alunos do período diurno e noturno,

preenchimento total da primeira parte, os alunos recebiam uma segunda folha com o restante das questões.

A seguir (Questão 2), foi solicitado ao respondente que enumerasse as evocações mencionadas anteriormente de 1 a 5, de acordo com o julgamento de sua importância, sendo 1 a palavra mais importante e 5 a palavra menos importante (ABRIC, 2005). Esta questão foi acrescentada com a finalidade de evidenciar a ordem de relevância que os respondentes conferem aos conceitos que citaram na questão anterior. Dessa forma, pode-se inferir que o primeiro conceito lembrado pelo respondente pode não ser considerado o mais importante depois de uma ponderação sobre sua importância perante as outras evocações. Após a análise dos dados obtidos, se essa hipótese se confirmar, pode-se buscar entender o porquê dessa ordem de prioridade sofrer mudança após reflexão.

Na próxima pergunta (Questão 3), o aluno deveria explicar o motivo da escolha de cada uma das evocações. Com essas respostas, há possibilidade de entender melhor a razão da lembrança do conceito citado e o porquê de ter sido colocado naquela ordem de prioridade. Para evidenciar a relação que os respondentes fazem entre os conceitos, na questão a seguir (Questão 4), lhes foi solicitado que escrevessem um pequeno texto utilizando as palavras evocadas na pergunta inicial. Essa estratégia se mostra necessária pois o núcleo expresso pelas palavras evocadas pode até ser o mesmo para diferentes grupos, mas a justificativa pode apontar diferentes significados, ou auxiliar a entender melhor o NC (RECEPUTI, PEREIRA, VOGEL, REZENDE, 2020; BORTOLAI, AGUILAR, PEREIRA, REZENDE, 2019; MIRANDA, LISBÔA, REZENDE, 2019).

A última parte do questionário trata de questões para auxiliar na organização, e se assemelham com o questionário aplicado em 2015. Em todas as aplicações, com exceção dos “ingressantes”, também se pedia que o aluno marcasse as disciplinas já cursadas, para facilitar o processo de divisão nos grupos.

Nos resultados e discussão deste trabalho, foram utilizadas a Questão 1, que se refere a TELP, a Questão 3, na qual os respondentes justificam a escolha de cada evocação, e a Questão 4, na qual elaboraram uma ou mais frases com todos os termos evocados essas duas questões foram utilizadas para auxiliar na categorização e entendimento das respostas.

De posse das justificativas e das frases, foi realizada uma análise de conteúdo, onde:

i) organizou-se uma planilha (Exemplo - Quadro 3) separadamente para cada conceito com todas as justificativas e frases produzidas nas questões 3 e 4;

ii) em seguida, foi realizada uma pré-análise, onde todas as justificativas foram lidas e relidas;

iii) foram criadas categorias de justificativas as quais tinham características em comum;

iv) após esse passo foi realizada uma leitura conjunta com o orientador, para validação das categorias;

v) após a validação das categorias que não são excludentes, foi realizada mais uma leitura para ser realizado ajustes finais necessários.

Por exemplo: o conceito de “ligação de hidrogênio” pertence à **categoria de evocação** “tipo de interação”, e a justificativa do aluno “Uma interação intermolecular muito forte” pertence à **categoria da justificativa** “Intensidade da Força”, criando assim um subgrupo de justificativas dentro da categoria “tipo de interação”.

Quadro 3 – Exemplo da organização da análise de conteúdo

Coleta 2018	Evocação	Justificativa	Frase
ING2018_1	Ligação de hidrogênio	As ligações de hidrogênio indicam alta polaridade e interações intermoleculares mais fortes.	A presença de ligações de hidrogênio na estrutura molecular indica alta polaridade. Devido às interações intermoleculares discrepantes, água e óleo não se misturam.
Categoria	Tipo de ligação	Intensidade da Força	-

Fonte: Autoria própria

A frase que envolvia os conceitos evocados foi utilizada quando a justificativa era superficial, ou quando era oportuno inferir como o discente relacionava o termo em questão com as demais palavras listadas. Essa estratégia foi realizada para extrair mais elementos dos conceitos evocados. Sendo aplicada em alguns trabalhos como

Bortolai et al. (2019), Pereira e Rezende (2016) e Abric (2001), os quais foram valiosas referências.

A Questão 2, na qual os alunos dispõem os termos em ordem de prioridade, não foi utilizada neste trabalho, por não ser possível avaliá-la com o aprofundamento desejado no tempo de pesquisa disponível. As questões 5 e 6 foram utilizadas apenas para caracterizar e organizar cada grupo.

3.3 Análise dos dados

Os dados que compõem esse estudo são analisados de forma estatística[9] (CAMARGO; JUSTO, 2013), e para preservar a identidade dos participantes e promover o manejo dos dados foi criado um código com letras e números[10], facilitando a localização de cada respondente. As evocações foram digitadas exatamente na ordem respondida por cada aluno, e as respostas na forma de frases ou textos dissertativos também foram digitadas na íntegra.

Os termos evocados pelos respondentes de acordo com o termo indutor pela TELP foram agrupados, de forma a evitar que um conceito tenha variações (como plural e singular, gênero etc.), dificultando a análise dos dados. O processo de lematização[11] consiste na união de palavras pelo radical como, por exemplo, as evocações, "*ligações de hidrogênio*" e "*ligação de hidrogênio*". Posteriormente foi realizado o agrupamento de conceitos com o mesmo "*significado químico*", assim, as evocações "*interação de hidrogênio*" e "*ponte de hidrogênio*", juntamente com as duas evocações citadas anteriormente, formam o rótulo "*ligação de hidrogênio*". Além desse processo, as evocações muito distintas foram analisadas juntamente com as

---

[9] Para não ocorrerem erros de leitura, os arquivos devem ser criados, de preferência, pelo *software* open office, gravados no formato csv e codificados em Unicode UTF-8. (8-bit *Unicode Transformation Format*). Mais informações disponíveisem: https://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos/aulas/unicode.html. Acesso em: dez. 2020.

[10] O código para cada aluno ficou organizado da seguinte forma: ING = ingressante; INI = iniciante, INT = intermediário e AVA = avançado, seguido pelo ano de coleta 2015 ou 2018 e por último o número de ordem numérica de acordo com o nome. Logo ING2018_1 corresponde a um aluno ingressante do ano 2018 e é o primeiro aluno de acordo com a ordem alfabética do grupo.

[11] Lematização. *sf*. Processo linguístico que consiste em reduzir uma palavra flexionada à sua parte essencial. Fonte: Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. Disponível em: http://michaelis.uol.com.br/busca?id=5Bbdk. Acesso em: jul. 2021.

justificativas dadas, e quando foi cabível, foi elaborada uma adequação aos rótulos já estabelecidos.

Após homogeneização e organização, as evocações foram inseridas no software Iramuteq[12] (acrônimo de *Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*), que foi utilizado como ferramenta para a análise de dados (RATINAUD, 2009). É um software gratuito, de código e fonte abertos, que pode ser expandido por meio da linguagem Python[13], ancorado na interface "R" e licenciado por GNU GPL (v2) sendo desenvolvido por Pierre Ratinaud em 2009 e muito utilizado em estudos no campo das Ciências Humanas e Sociais.

Quando a planilha com as evocações é inserida no software, é possível tratar os dados através de diversos parâmetros. O programa busca identificar as palavras ou categorias previamente selecionadas para contabilizar a frequência com que os termos aparecem em sentenças/parágrafos e mostra a quantidade de vezes que esses pares de conceitos se relacionam. As análises feitas utilizando esse software[14] são diversas; para esta pesquisa, iremos utilizar a análise de similitude e a matriz de coocorrência.

Para elucidar como a análise foi efetuada, será apresentado um breve exemplo, com dados adaptados, chamado de grupo teste, cujo tema indutor é "Interações Intermoleculares". Para simplificar a visualização, consideramos apenas dez respondentes com quatro evocações cada. No Quadro 4, apresentamos cada participante e suas respectivas evocações; vale ressaltar que a sequência da evocação segue a ordem de importância atribuída pelo respondente e isso nos auxilia a identificar o núcleo central desta representação.

---

[12]Para a utilização do IRAMUTEQ deve-se instalar no computador o software R (download disponível gratuitamente em www.r-project.org e, em seguida, fazer o download do software IRAMUTEQ (disponível em www.iramuteq.org) (Ambos acessos em 1 de julho de 2021) e instalá-lo também. É necessário que, antes de instalar o IRAMUTEQ, se instale o R, pois o IRAMUTEQ necessita do software R para realizar suas análises (CAMARGO; JUSTO, 2013, p.516).

[13] Para saber mais sobre a linguagem Python consulte: https://www.python.org (Acesso em 1 de julho de 2021).

[14] Há um site para o programa (http://www.iramuteq.org) dedicado a download, correção de erros, atualizações, divulgação de estudos etc. Na rede é possível consultar alguns manuais de como utilizar o programa (SALVIATI, 2017; CAMARGO; JUSTO, 2013), cuja leitura se faz necessária para extrair mais informações e recursos disponíveis.

Quadro 4 – Exemplo das evocações termo indutor interações intermoleculares – Grupo teste (n=10)

Aluno	1ª evocação	2ª evocação	3ª evocação	4ª evocação
A. 1	Ligação de hidrogênio	Molécula	Polaridade	Dipolo
A. 2	Ligação de hidrogênio	Ligação química	Polaridade	Água
A. 3	Dipolo	Ligação de hidrogênio	Molécula	Água
A. 4	Ligação de hidrogênio	Dipolo	Molécula	Polaridade
A. 5	Forças	Forças de van der Waals	Ligação química	Íon-dipolo
A. 6	Elétrons	Ligação de hidrogênio	Estrutura molecular	Forças
A. 7	Ligação de hidrogênio	Molécula	Forças	Átomos
A. 8	Ligação de hidrogênio	Forças de London	Molécula	Forças
A. 9	Forças de London	Dipolo-dipolo	Eletronegatividade	Molécula
A. 10	Água	Vida	Ligação de hidrogênio	Carbono

Fonte: Dados do grupo de pesquisa.

Os elementos estruturais das representações sociais podem ser alcançados a partir dos valores de frequência e da OME. A frequência é dada pela quantidade de vezes que a evocação aparece, já o valor da OME pode ser obtido pela seguinte equação (1):

$$OME = \frac{\sum_{i=1}^{n}(h_i\, f_i)}{\sum_{i=1}^{n}(f_i)} \qquad (1)$$

Onde: h é a hierarquia (posição da evocação) e f é a frequência na posição, sendo que i ∈ N.

Utilizando a equação (1), podemos localizar os conceitos aspirantes ao núcleo central e às periferias. Temos, no Quadro 5, a apresentação da f e OME para todos os termos do Quadro 4.

Quadro 5 – Frequência e OME do termo "interações intermoleculares" – Grupo teste (n=10)

Termo (palavra)	Frequência	OME
Ligação de hidrogênio	8	1,50
Molécula	6	2,83
Forças	4	3,00
Polaridade	3	2,00
Dipolo	3	2,33
Água	3	3,00
Forças de London	2	3,00
Ligação química	2	3,00
Dipolo-dipolo	1	2,00
Estrutura molecular	1	3,00
Carbono	1	4,00
Forças de van der Waals	1	2,00
Elétrons	1	1,00
Íon-dipolo	1	4,00
Átomos	1	4,00
Vida	1	2,00
Eletronegatividade	1	3,00

Fonte: Dados do grupo de pesquisa.

Uma alternativa para evidenciar e compreender as evocações mais importantes, e excluir os conceitos de baixa frequência é a lei de Zipf.[15] Essa análise é comumente realizada com grande número de participantes e fornece um gráfico com maior tendência nas saturações, deste modo a mudança curva é mais evidente. Logo, nos grupos com menor número de participantes, como acontece neste trabalho, existe uma limitação para definir exatamente a variação da curva e determinar o corte com exatidão pela falta de homogeneidade da distribuição dos pontos no gráfico. Somado a isso, grande parte das evocações é lembrada apenas uma vez, o que faz com que a distribuição fique dispersa. Em vista disso, optou-se por não utilizar a lei de Zipf e sim o corte em 50% de frequência acumulada (Tabela 1). A referida frequência acumulada é uma análise estatística na qual segundo Crespo (2009, p. 56), "é o total

[15] A lei de Zipf foi formulada por George Kingsley Zipf (1902-1950), e tem base na matemática e na linguística. Essa lei analisa a frequência e como as palavras são difundidas dentro de um texto onde os termos que mais se repetem são identificados como os mais importantes com a possibilidade de ser representados graficamente (VERGÈS; BOURICHE, 2001). Para fazer essa análise é necessário alocar todos os termos em ordem decrescente de frequência e construir um o gráfico do logaritmo da frequência versus o logaritmo da hierarquia (posição em que o termo se encontra na ordenação), obtendo-se uma "curva de Zipf". Com a curva, é possível definir a frequência mínima de corte para assim descartar os termos que possuem baixa frequência.

das frequências de todos os valores inferiores ao limite superior do intervalo de uma dada classe".

Na organização da tabela encontra-se a frequência (f) que representa quantas vezes o conceito foi evocado pelo referido grupo, seguido pelo número de termos diferentes por frequência que indica quantos conceitos diferentes obtiveram o igual valor de frequência; posteriormente, encontra-se o número total de termos por frequência que mostra quantos conceitos no total se encontram nessa parcela; a frequência acumulada que representa a soma das frequências absolutas no decorrer das linhas da tabela; e por fim a porcentagem total que indica a porcentagem da frequência acumulada.

Tabela 1 – Dados referentes à frequência das evocações - Grupo teste (n=10)

Frequência (f)	Nº de termos diferentes por f	Nº total de termos por f	Frequência Acumulada	% Total
7	1	7	7	17,5
6	1	6	13	32,5
4	1	4	17	42,5
3	3	9	26	65,0
2	2	4	30	75,0
1	10	10	40	100,0

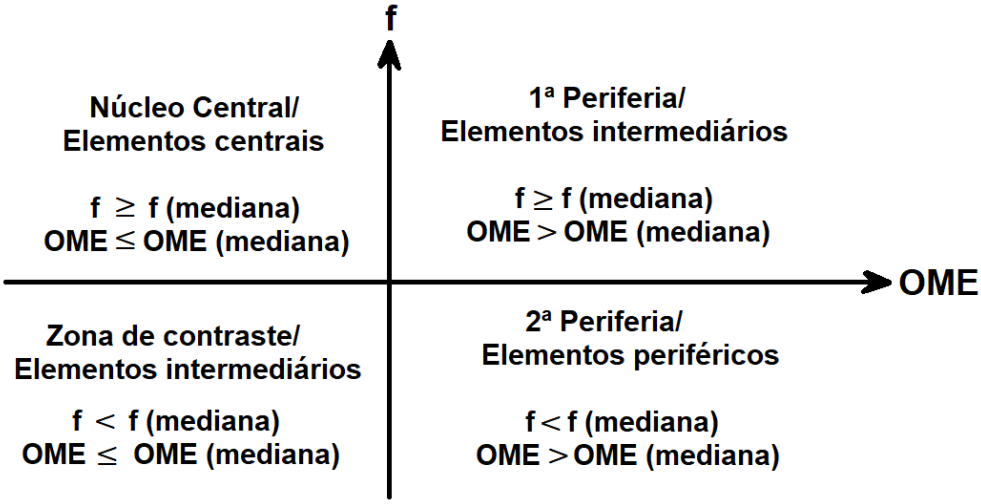
Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo Wachelke (2009), a análise prototípica permite a identificação dos termos centrais e periféricos de uma RS através do quadrante de Vergès. O diagrama agrupa os termos de acordo com a frequência (f) – quantidade de vezes que o termo foi evocado – e pela ordem média de evocação (OME) – ordem em que o termo foi lembrado.

O Gráfico 1 é um exemplo esquemático de como o diagrama é dividido: o primeiro quadrante (primeira periferia) reúne os conceitos altos valores de frequência, ou seja são muito lembrados e alto valor de OME, ou seja não é prontamente evocado; no segundo quadrante destacam-se os conceitos que possuem maior relevância, com alta frequência e menor valor de OME (mais prontamente lembrados) constituindo núcleo central; o terceiro quadrante (zona de contraste) é composto por elementos intermediários, os quais são mais prontamente lembrados, porém com baixa

frequência; e no quarto quadrante (segunda periferia) se encontram os termos mais periféricos, com baixa frequência e alto valor de OME.

Gráfico 1 – Organização do Diagrama de Vergès



Fonte: Elaborado pela autora.

Com os valores das frequências e OME, do exemplo proposto, os conceitos podem ser divididos nos quadrantes segundo as medianas da frequência (mediana = 3,5) e da OME (mediana = 2,58). De acordo com essa distribuição de todos os termos podemos construir o quadro abaixo:

Quadro 6 – Quadrante de Vergès – Grupo teste (n= 10)

Núcleo			**1ª Periferia**		
Conceito	f ≥ 3,5	OME ≤ 2,58	Conceito	f ≥ 3,5	OME > 2,58
Ligação de hidrogênio	8	1,50	Molécula	6	2,83
			Forças	4	3,00
Zona de Contraste			**2ª Periferia**		
Conceito	f < 3,5	OME ≤ 2,58	Conceito	f < 3,5	OME > 2,58
Polaridade	3	2,00	Dipolo	3	2,33
			Água	3	3,00

Fonte: Autoria própria

Ao analisar as evocações do Quadro 4 é possível identificar que o conceito molécula é evocado juntamente com ligação de hidrogênio por cinco alunos. Com

esse dado, é possível construir uma matriz de coocorrência (Quadro 7) que mostra quais termos são evocados juntamente pelos respondentes da pesquisa.

Quadro 7 – Matriz de coocorrência para o termo indutor interações intermoleculares – Grupo teste (n = 10)

	Ligação de hidrogênio	Molécula	Forças	Polaridade	Dipolo	Água
Ligação de hidrogênio	-	5	2	3	2	3
Molécula	-	-	1	2	3	1
Forças	-	-	-	0	0	0
Polaridade	-	-	-	-	2	1
Dipolo	-	-	-	-	-	1
Água	-	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria própria

Para delinear o núcleo central, foi feita ainda a análise de similitude, a qual utiliza a coocorrência (quais pares de conceitos são evocados juntamente), confirmando a centralidade dos termos agrupados no NC. Com a matriz de coocorrência podemos construir a árvore de similitude, a qual expõe os termos que se conectam de forma mais visualmente clara, assim como os vértices se tornam mais evidentes. A análise de similitude foi estabelecida de forma a apontar o núcleo central. A investigação de coocorrências indica a conexidade entre os termos (VOGEL, 2016; PEREIRA; VOGEL; REZENDE, 2017). O que temos nesta análise são “árvores” que possuem ligações (vértices) entre os conceitos (arestas) de acordo com o número de evocações (Figura 1).

Da árvore é possível extrair duas informações importantes:

(i) **O somatório coocorrências (∑ co):** são indicados pelos números em cima das linhas e expõem quantas vezes os conceitos foram evocados juntamente, indicando a conectividade entre eles;

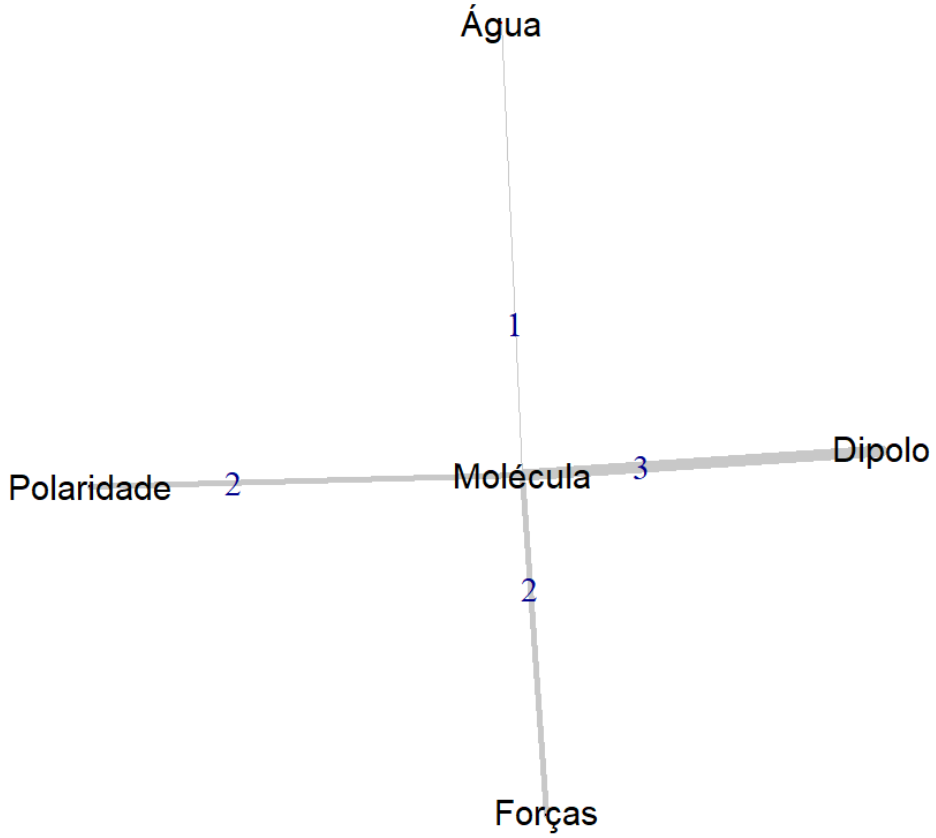
(ii) **Número de arestas:** são as ligações entre cada conceito, informam quantas conexões cada conceito faz com os demais, além de mostrar visualmente os conceitos mais centrais/importantes.

Figura 1 – Árvore máxima de similitude – Corte 50% – Grupo teste (N= 10)

Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2 – Formatação: fruchterman reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

Para determinar o NC, foram observados o somatório de coocorrências e o número de arestas dos termos que se encontram no NC e na primeira periferia no diagrama de Vergès. Além dessa estratégia, foi proposto nesse trabalho construir a árvore sem o termo central, para avaliar se existe necessidade de transferir algum conceito do NC para a primeira periferia e vice-versa (Figura 2).

Figura 2 – Árvore máxima de similitude – (Com o conceito "ligação de hidrogênio" retirado) – Grupo teste (n = 10)



Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2 – Formatação: fruchterman reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

Quadro 8 – Conceitos mais importantes pela análise prototípica juntamente com a árvore máxima de similitude – Grupo teste (n = 10)

Diagrama de Vergès	Termos	Saliência		Similitude			
				Com Ligação de Hidrogênio		Sem Ligação de Hidrogênio	
		f	OME	∑co	Ar	∑co	Ar
Núcleo Central	Ligação de hidrogênio	8	1,50	13	4	-	-
1ª Periferia	Molécula	6	2,83	8	2	8	4
	Forças	4	3,00	3	1	2	1
Zona de Contraste	Polaridade	3	2,00	2	1	2	1
2ª Periferia	Dipolo	3	2,33	3	1	3	1
	Água	3	3,00	3	1	1	1

Fonte: Elaborado pela autora. Legenda: F = frequência; OME = Ordem Média de Evocação; ∑co = somatório de coocorrêcia; Ar = Arestas.

Neste exemplo, é possível promover o conceito “molécula” ao NC, por apresentar um número de arestas e somatório de coocorrências maior que os demais termos; o contrário também pode acontecer, caso um termo inicialmente presente no NC apresente valores muito inferiores (de somatório de coocorrências e arestas), ele pode ser transferido para a 1ª periferia. Deste modo, para esse exemplo, o NC conta com os conceitos “ligação de hidrogênio” e “molécula” e a 1ª periferia com o termo forças.

3.4 Categorização dos conceitos evocados

Em um trabalho anterior do grupo de pesquisa LAPAQ[16] (MESSIAS JÚNIOR, 2020), foram analisados os principais conceitos sobre interações intermoleculares presentes em livro didático de Química Geral e definiram-se oito categorias assim descritas:

I. **Estrutura molecular:** compreende os conceitos que relacionam aspectos da estrutura das moléculas com as interações intermoleculares, como eles influenciam essas interações e, consequentemente, as propriedades físicas da matéria;

II. **Estado físico:** compreende os conceitos que descrevem os diferentes estados de agregação das partículas que constituem as substâncias. Esses conceitos se relacionam com as interações intermoleculares, ou seja, as diferentes fases da matéria são uma consequência dessas interações;

III. **Tipos de interação:** descrevem os diferentes tipos de interação existentes no capítulo. São apresentadas as características de cada tipo, as partículas envolvidas e como eles influenciam nas propriedades físicas das substâncias, por exemplo, na temperatura de ebulição e na solubilidade em água;

IV. **Partícula:** compreende os conceitos que descrevem os tipos de partícula que influenciam cada tipo de interação;

V. **Propriedade macroscópica:** descreve, de maneira geral, as propriedades da matéria, mostrando como cada tipo de interação tem influência sobre as propriedades macroscópicas;

[16] LAPAQ – Laboratório de Pesquisa do Aprendizado em Química – IQ-USP, coordenado pelo Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano.

VI. **Propriedade molecular:** descreve as propriedades atômicas e moleculares que influenciam as interações intermoleculares. Analisando os conceitos que formam essa categoria e o contexto em que cada um ocorre, é possível perceber quais propriedades são mais importantes em cada tipo de interação;

VII. **Substância:** compreende conceitos que descrevem as substâncias mais citadas no texto e, consequentemente, as mais importantes relacionadas ao tema;

VIII. **Conceitos básicos:** compreende conceitos fundamentais da ciência. Eles são importantes para o estudo das interações intermoleculares, mas são conceitos mais gerais, no sentido de que estão presentes também em outras áreas de estudo da Química, como também da Física e da Biologia.

Com as respostas dos alunos e as categorias pré-definidas foram feitas leituras e releituras das evocações e justificativas para distribuir os conceitos citados nas categorias. O objetivo nessa etapa foi apontar quais os tipos de conceitos nos grupos analisados que ganharam ou perderam destaque em diferentes momentos do curso. Dentro dos cortes realizados apenas foram encontrados conceitos pertencentes à quatro das categorias citadas acima: *Tipo de interação, propriedade macroscópica, propriedade molecular e conceitos básicos*.

De posse de todas as estratégias apresentadas, o NC para cada grupo foi definido utilizando as evocações mais frequentes e com maior conectividade com os demais termos da RS. Aliado a isso, foi comparado se os diferentes grupos apresentavam mudanças nas justificativas e nas categorias às quais pertencem os conceitos evocados, uma vez que se busca perceber o que os alunos pertencentes à pesquisa entendem sobre o termo indutor.

CAPÍTULO 4 – Resultados: Estudo I

4.1 Estudo I

Nesta primeira parte será explorado se a estratégia metodológica apresentada é capaz de apontar mudanças significativas na aprendizagem, analisando o mesmo grupo de alunos antes e depois de terem o primeiro contato com o tema interações intermoleculares na graduação. Os participantes deste estudo são os discentes ingressantes no curso de Bacharelado/Licenciatura em Química no Instituto de Química da USP em 2018.

A aplicação prévia da TELP se deu em 16 de março de 2018 para alunos ingressantes no curso durante a aula da disciplina Química Geral I (Q.G.I), antes do tema interações intermoleculares ser apresentado aos estudantes. Oito meses depois (22 nov. 2018) o mesmo teste foi aplicado para os alunos matriculados na disciplina Química Geral II (Q.G.II). Apenas 45 alunos responderam tanto a primeira aplicação como a segunda,[17] assim, este foi definido como o universo a ser analisado, ou seja, os mesmos alunos que responderam ingressaram-no momento de ingresso no curso e depois do ensino do tema.

Os discentes foram denominados de *"pré-ensino"* – alunos ingressantes no curso, e *"pós-ensino"* – aprovados em Q.G.I e naquele momento cursando Q.G.II. Apesar de 45 ser um número pequeno, cabe aqui ressaltar que não há uma especificação para o mínimo de participantes para aplicação da TELP nas TNC das RS (WACHELKE; WOLTER, 2011). Podemos encontrar análises utilizando essa metodologia com números de participantes variados como, por exemplo, 75 em Ferreira et al. (2014), 100 em Gomes et al. (2008) e 150 em Sá e Pecora (2008). Segundo Wachelke, Wolter e Matos (2016), amostras com menos de 50 participantes tem alta variação e consequentemente não coincidem com uma amostra maior do grupo, entretanto, como este é um estudo preliminar comparando o mesmo grupo de alunos em momentos distintos, optamos por dar continuidade e investigar o que poderia ser discutido com a amostra disponível.

[17] Os dados dos alunos que responderam em ambas as aplicações foram analisados neste estudo, entretanto, o número de indivíduos é reduzido devido à reprovação na disciplina Q.G.I ou à falta no dia da segunda aplicação.

4.1.1 Pré-ensino – Análise da Saliência

Neste momento da coleta todos os alunos participantes são ingressantes no curso, logo o conhecimento que detêm sobre o termo indutor é baseado essencialmente no conteúdo estudado durante o Ensino Médio. No grupo descrito como *pré-ensino* foram obtidas 227 evocações[18] no total; após a lematização e agrupamento dos termos restaram 80 conceitos diferentes entre si, a listagem original das evocações está disponível no Anexo 3.

A Tabela 2 a seguir mostra que 44 palavras foram evocadas apenas uma vez, não contribuindo expressivamente para a representação do grupo. Deste modo, uma alternativa para se realizar o corte é determinar o valor da frequência mínima de acordo com a frequência acumulada de 50%, que neste caso, foi igual a f ≥ 6. Os termos contidos nesse corte abrangem 115 das 227 evocações totais e formam a parcela de menor diversidade, ou seja, de maior representatividade para o grupo.

Tabela 2 – Dados referentes a frequência das evocações - Pré-ensino (n=45)

Frequência (f)	Nº de termos distintos por f	Nº total de termos por f	Frequência acumulada	% Total
25	1	25	25	11,0
11	1	11	36	15,9
10	3	30	66	29,1
9	2	18	84	37,0
7	1	7	91	40,1
6	**4**	**24**	**115**	**50,7**
5	2	10	125	55,1
4	2	8	133	58,6
3	10	30	163	71,8
2	10	20	183	80,6
1	44	44	227	100,0

Fonte: Elaborado pela autora.

A frequência acumulada (50,7%) determinada como o conjunto de análise abrange 12 dos 80 conceitos diferentes evocados por esta parcela de alunos. Para ser definido um possível núcleo central e suas periferias, é necessário determinar um

[18] Representando um número maior do que o esperado (45 x 5 = 225) em decorrência de alguns respondentes terem evocado mais do que os cinco conceitos sugeridos na Questão 1.

ponto de corte para distribuir os conceitos mais relevantes nos quadrantes. A definição da frequência mínima para inclusão no diagrama de Vergès, bem como dos pontos de corte para as coordenadas de frequência e OME de referência, não possui um consenso bem definido (WACHELKE, 2011).

> Quando é intenção obter um quadro mais equilibrado na distribuição das formas verbais pelos quadrantes, pode ser útil a alternativa de calcular a mediana de frequência dos termos incluídos na análise (após a exclusão dos termos com frequências baixas) em vez da média, procedimento realizado por Wolter (2008). (WACHELKE, WOLTER, 2011, p. 523)

Deste modo, com cinco evocações solicitadas por aluno a divisão nos quadrantes foi definida de acordo com a mediana da frequência e OME, por ser considerada uma melhor estratégia para esta pesquisa, como já comentado na metodologia. Nesse estudo em particular, a escolha entre média e mediana não faria diferença significativa, mas nas análises com mais participantes foi verificado que utilizar a mediana da OME proporciona uma melhor distribuição dos dados nos quadrantes. Isto posto, foi escolhida a mediana em todas as análises para ser mantida uma uniformidade no método. Na determinação da mediana foi obtido o valor 9 para a frequência e 2,61 para a OME. Os dados foram distribuídos no quadrante de Vergès (Quadro 9).

Quadro 9 – Quadrante de Vergès - Pré-ensino (n= 45)

Núcleo			**1ª Periferia**		
Conceito	f ≥ 9	OME≤2,61	Conceito	f ≥ 9	OME>2,61
Ligação de Hidrogênio	25	2,56	Forças	10	3,60
Molécula	11	2,18	Forças de London	10	3,30
Dipolo-dipolo	10	2,20			
Polaridade	9	2,33			
Átomos	9	2,22			
Zona de Contraste			**2ª Periferia**		
Conceito	f < 9	OME≤2,61	Conceito	f < 9	OME>2,61
Interação de van der Waals	6	2,67	Estrutura molecular	6	3,83
Ligação química	7	1,86	Elétrons	6	3,33
			Reações químicas	6	3,50

Fonte: Elaborado pela autora.

Os conceitos presentes no núcleo são aqueles que possuem maior frequência e menor valor de OME, como já explicado pela equação (1), quanto menor o valor de

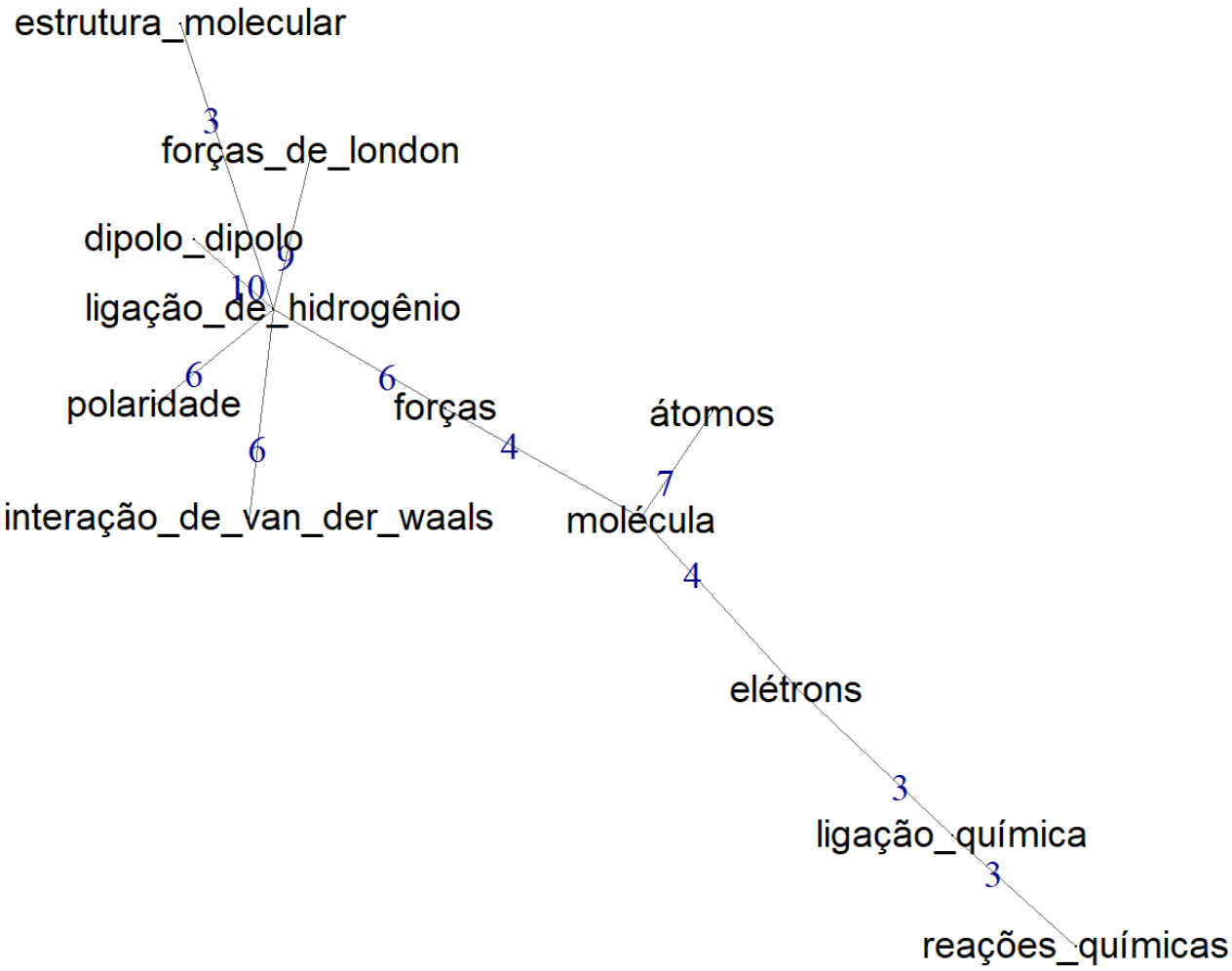
OME o conceito foi mais prontamente evocado. O quadrante de Vergès aponta para uma possível centralidade dos termos: *Ligação de hidrogênio* (f = 25 e OME = 2,56), *Molécula* (f =11 e OME = 2,18), *Dipolo-dipolo* (f = 10 e OME = 2,20), *Polaridade* (f = 9 e OME = 2,33) e *Átomos* (f = 9 e OME = 2,22), por apresentarem esses dois requisitos dentre as evocações grupo *pré-ensino*. É notório que o primeiro conceito (Ligação de Hidrogênio) tenha um valor de frequência maior do que o dobro comparado ao segundo conceito mais lembrado (Molécula), entretanto, seu valor de OME é o maior dentre os conceitos mais lembrados, ou seja, mesmo sendo o conceito mais evocado não é o mais prontamente lembrado. Os demais conceitos do núcleo e a primeira periferia possuem valores de frequência muito próximos (com valores entre 11 e 9) e a OME é definitiva para distribuí-los nos quadrantes. Com o intuito de identificar outros indicadores de centralidade, já que os valores descritos são próximos, foram realizadas mais análises, descritas a seguir.

4.1.2 Pré-ensino – Análise de Similitude

Com os mesmos dados, foi traçada a árvore de máxima similitude para evidenciar a conexão entre os conceitos. Para isto, foram selecionados os dados com evocação mais frequente (maior saliência), os quais compõem o mesmo corte utilizado no diagrama de Vergès anterior (f ≥ 6).

A Figura 3 retrata a árvore, na qual é possível observar o destaque de dois termos: *Ligação de hidrogênio* (com 6 arestas) e *Molécula* (com 3 arestas), deste modo, ambas apresentam uma maior conexidade por possuírem um número superior de arestas comparadas aos demais. Em seguida os termos com 2 arestas: *Forças*, *Elétrons* e *Ligação Química*; por último os conceitos com apenas uma aresta: *Átomos* (ligado diretamente à molécula), *reações químicas* (ligada diretamente à ligação química); contendo apenas uma aresta e ligados diretamente ao conceito de ligação de hidrogênio: *Estrutura molecular*, *Forças de London*, *Dipolo-dipolo*, *Polaridade*, *Interação de van der Waals*.

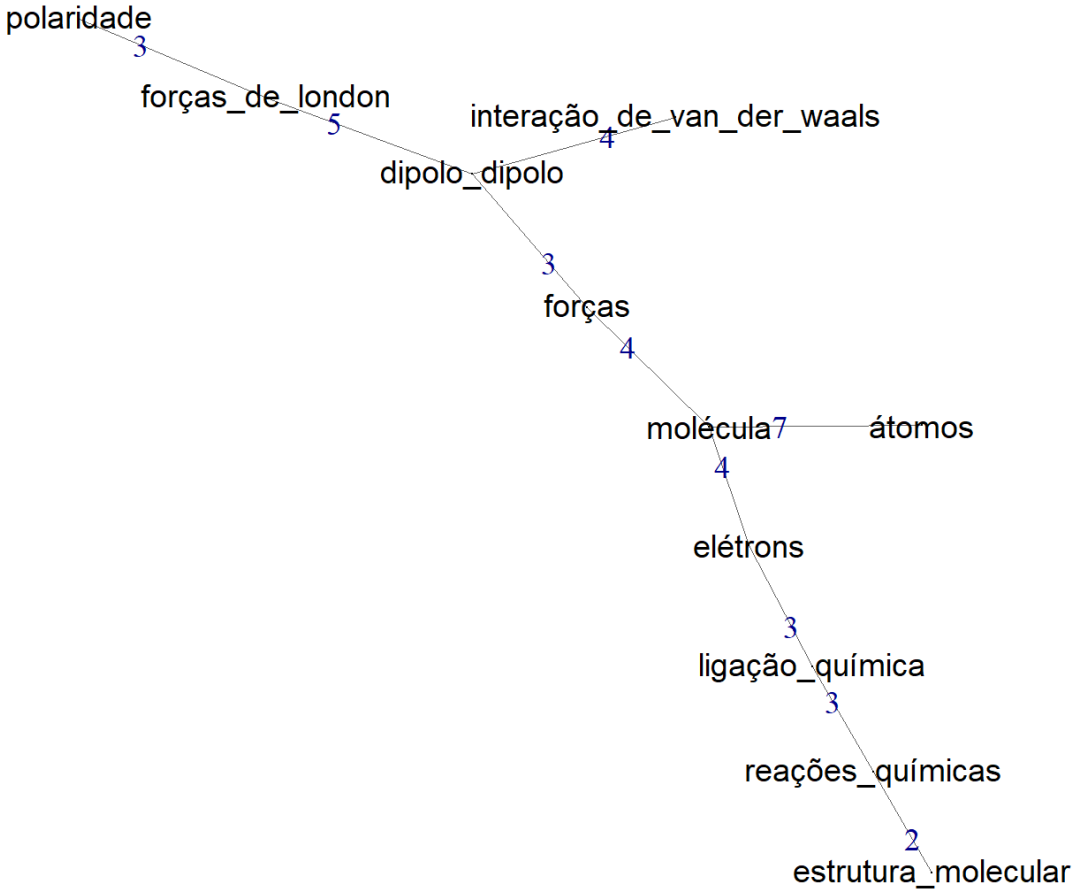
Figura 3 – Árvore máxima de similitude – Corte 50% - Pré-ensino (n = 45)



Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2 – Formatação: Fruchterman Reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

No quadrante de Vergès foram identificados cinco conceitos que disputam uma posição no NC dessa representação, e pela árvore de máxima similitude existem dois conceitos com maior conectividade (**ligação de hidrogênio** e **molécula**). Durante a análise dos resultados foi notado que o termo ligação de hidrogênio é sempre central, com grande parte das evocações ligadas ao mesmo, motivo pelo qual possui maior conectividade. Para buscar uma melhor definição dos termos centrais, foi proposta pelo nosso grupo de pesquisa uma forma de explorar o impacto na árvore com a retirada do conceito mais evocado (ligação de hidrogênio), apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Árvore máxima de similitude – Corte 50% (Com o conceito “ligação de hidrogênio” retirado) - Pré-ensino (n = 45)



Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2 – Formatação: fruchterman reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

É evidenciado que com a retirada do conceito mais central, o termo dipolo-dipolo assume um papel de destaque juntamente com molécula como mostrado na Figura 4. Assim com a contribuição das duas árvores de máxima de similitude apresentadas e do diagrama de Vergès foi delineado que o NC é composto por três conceitos: *Ligação de hidrogênio*, *Molécula*, e *Dipolo-dipolo* pois, comparados aos demais termos apresentam valores altos de frequência, arestas e somatório de coocorrência. Os conceitos *Polaridade e Átomos*, que no diagrama de Vergès estavam localizados no NC, foram transferidos para a primeira periferia, em razão da quantidade de arestas e somatório de coocorrências baixos comparados aos três termos mais relevantes. O Quadro 10 mostra o diagrama atualizado com a localização de cada termo.

Quadro 10 – Conceitos mais importantes pela análise prototípica juntamente com a árvore máxima de similitude – Pré-ensino (n = 45)

Diagrama de Vergès	Termos	Saliência		Similitude			
				Com Ligação de Hidrogênio		Sem Ligação de Hidrogênio	
		f	OME	∑co	Ar	∑co	Ar
Núcleo Central	Ligação de hidrogênio	25	2,56	40	6	-	-
	Molécula	11	2,18	15	3	15	3
	Dipolo-dipolo	10	2,20	10	1	12	3
1ª Periferia	Forças	10	3,60	10	2	7	2
	Polaridade	9	2,33	6	1	3	1
	Átomos	9	2,22	7	1	7	1
	Forças de London	10	3,30	9	1	8	2
Zona de Contraste	Ligação química	7	1,86	6	2	6	2
	Interação de van der Waals	6	2,67	6	1	4	1
2ª Periferia	Estrutura molecular	6	3,83	3	1	2	1
	Elétrons	6	3,33	7	2	7	2
	Reações químicas	6	3,50	3	1	5	2

Fonte: Elaborado pela autora.

4.1.3 Pós-ensino – Análise de Saliência

O mesmo grupo de alunos que participaram na primeira aplicação do questionário (durante a disciplina de Q.G.I – alunos ingressantes) responderam ao questionário novamente em um segundo momento, durante a disciplina de Q.G.II. Com o intuito de diferenciar os momentos em que se encontram no curso, serão chamados de grupo "*pós-ensino*". No momento da aplicação, os discentes já haviam passado por um semestre do curso no qual estudaram dentre os conteúdos as forças intermoleculares e suas influências nas propriedades de sólidos, líquidos e gases. É esperado que esse amadurecimento da aprendizagem apareça na comparação entre os conceitos mais relevantes para os dois momentos: *pré* e *pós-ensino*.

Nesta parcela foram obtidas 226 evocações[19], com a organização dos dados, foram obtidos o total de 64 evocações diferentes entre si e 35 palavras foram evocadas apenas uma vez. A listagem de todos os conceitos do grupo se encontra no Anexo 4. Foi realizado o corte que representa 50% de frequência acumulada de acordo com a Tabela 3.

[19] Representando apenas uma unidade a mais ao esperado (45 x 5 = 225) todos os respondentes completaram os cinco conceitos sugeridos na Questão 1 (com exceção de um aluno que evocou seis conceitos).

Tabela 3 – Dados referentes a frequência das evocações - Pós-ensino (n=45)

Frequência (f)	Nº de termos diferentes por f	Nº total de termos por f	Nº Total de termos	Frequência acumulada
35	1	35	35	15,5
18	1	18	53	23,5
14	1	14	67	29,6
12	1	12	79	35,0
9	2	18	97	42,9
8	1	8	105	46,5
7	**4**	**28**	**133**	**58,8**
6	1	6	139	61,5
5	3	15	154	68,1
4	3	12	166	73,5
3	3	9	175	77,4
2	8	16	191	84,5
1	35	35	226	100,0

Fonte: Elaborado pela autora.

A frequência acumulada (58,8%) estabelecida como conjunto de análise abrange 11 dos 64 conceitos diferentes evocados pelos respondentes e os dados foram distribuídos no quadrante de Vergès (Quadro 11). Na determinação da mediana foi obtido o corte no valor 9 para a frequência e 2,83 para a OME.

Quadro 11 – Quadrante de Vergès - Pós-ensino (n = 45)

Núcleo			**1ª Periferia**		
Conceito	f ≥ 9	OME ≤ 2,83	Conceito	f ≥ 9	OME > 2,83
Ligação de Hidrogênio	35	2,40	Forças de London	14	2,93
Polaridade	18	2,83	Interação de van der Waals	9	3,11
Dipolo-dipolo	12	2,00			
Dipolo	9	2,67			
Zona de Contraste			**2ª Periferia**		
Conceito	f < 9	OME ≤ 2,83	Conceito	f < 9	OME > 2,83
Ligação química	8	2,12	Solubilidade	7	3,57
Molécula	7	2,00	Forças	7	3,29
			Eletronegatividade	7	3,71

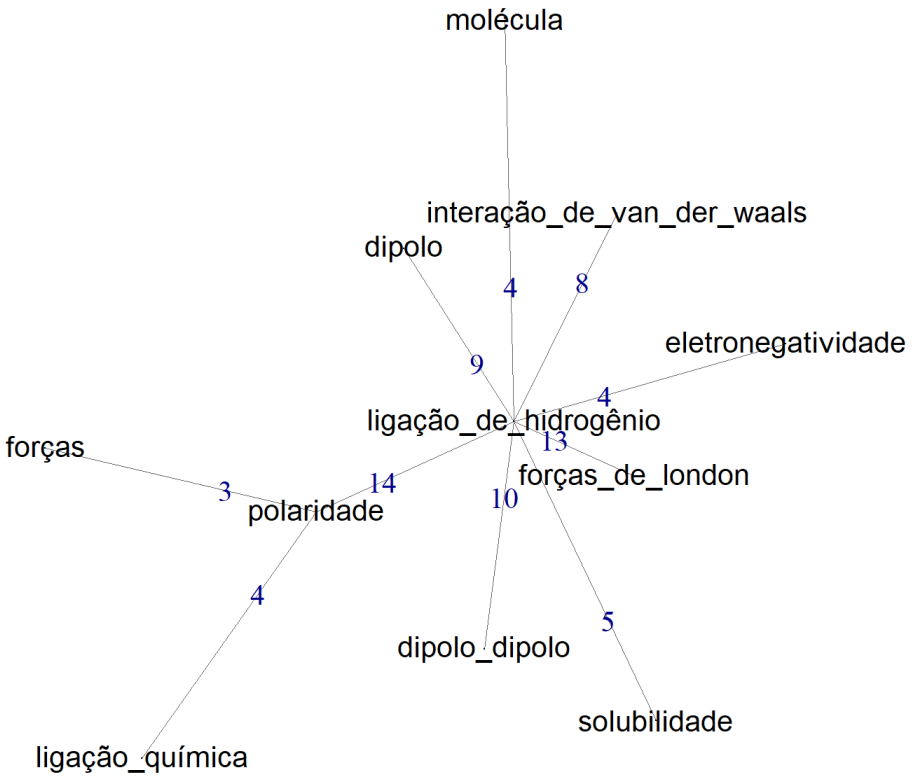
Fonte: Elaborado pela autora.

O quadrante de Vergès apresentado aponta para uma possível centralidade de quatro termos: *Ligação de hidrogênio*, (f = 35 e OME = 2,40); *Polaridade* (f = 18 e OME = 2,83); *Dipolo-dipolo* (f = 12 e OME = 2,00) e *Dipolo* (f = 9 e OME = 2,67). O conceito de ligação de hidrogênio possui quase o dobro do segundo conceito mais lembrado, o qual está no limite do corte em relação a OME (2,83). É notável que neste grupo os conceitos presentes no NC e na primeira periferia possuem uma variação maior em relação aos valores de frequência (entre o 2º conceito mais evocado, f =18, e o último da 1ª periferia, f = 9), esse fato pode contribuir para a melhor distribuição nos quadrantes.

4.1.4 Pós-ensino – Análise de Similitude

Com os dados apresentados, foi produzida uma árvore de similitude para evidenciar a conexão entre os conceitos, para isto foram selecionados os dados com f ≥ 7, ou seja, com maior frequência definida no corte apresentado.

Figura 5 – Árvore máxima de similitude – Corte 50% - Pós-ensino (n = 45)

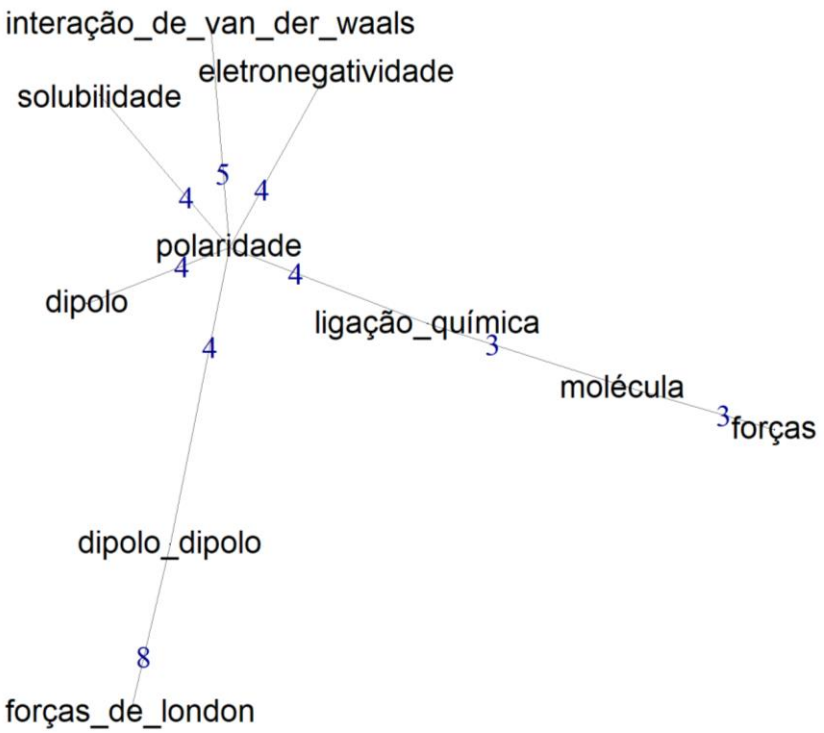


Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2 – Formatação: fruchterman reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

A Figura 5 ressalta o destaque de dois termos: *Ligação de hidrogênio* (com 7 arestas) e *Polaridade* (com 3 arestas). Os demais têm apenas uma aresta: *Forças* e *Ligação Química* (ligados diretamente a polaridade) e *Molécula*, *Dipolo*, *Interação de van der Waals*, *Eletronegatividade*, *Forças de London*, *Dipolo-dipolo* e *Solubilidade* (ligados diretamente ao conceito de ligação de hidrogênio).

Com a retirada do conceito mais evocado, o termo mais central passa a ser polaridade (com 6 arestas), seguido por ligação química dipolo-dipolo e molécula (todos com 2 arestas cada) e os demais termos tem apenas uma aresta: interação de van der Waals, eletronegatividade, solubilidade, dipolo, forças e forças de London. Com o quadrante de Vergès, a árvore máxima de similitude com ligação de hidrogênio (Figura 5) e sem ligação de hidrogênio (Figura 6) os termos **"Ligação de hidrogênio"** e **"Polaridade"** possuem a maior conexidade e saliência e consequentemente pertencem ao NC da RS deste grupo.

Figura 6 – Árvore máxima de similitude – Corte 50% (Com o conceito "ligação de hidrogênio" retirado) – Pós-ensino (n = 45)



Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2 – Formatação: fruchterman reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

No Quadro 12, os conceitos dipolo-dipolo e dipolo, anteriormente dispostos no NC, foram transferidos para a 1ª periferia por apresentarem quantidade de arestas e somatório de coocorrências baixos comparados aos demais conceitos mais relevantes.

Quadro 12 – Conceitos mais importantes pela análise prototípica juntamente com a árvore máxima de similitude – Pós-ensino (n = 45)

Diagrama de Vergès	Termos	Saliência		Similitude			
				Com ligação de H		Sem ligação de H	
		f	OME	∑ co	Ar	∑ co	Ar
Núcleo Central	Ligação de hidrogênio	35	2,40	67	8	-	-
	Polaridade	18	2,83	21	3	25	6
1ª Periferia	Forças de London	14	2,93	13	1	8	1
	Dipolo-dipolo	12	2,00	10	1	12	2
	Dipolo	9	2,67	9	1	4	1
	Interação de van der Waals	9	3,11	8	1	5	1
Zona de Contraste	Ligação química	8	2,12	4	1	7	2
	Molécula	7	2,00	4	1	6	2
2ª Periferia	Solubilidade	7	3,57	5	1	4	1
	Forças	7	3,29	3	1	3	1
	Eletronegatividade	7	3,71	4	1	4	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Os conceitos pertencentes ao NC despontam em relação aos demais, na árvore de similitude com ligação de hidrogênio, os dois primeiros conceitos são os únicos a apresentarem arestas maiores do que uma unidade. Na árvore sem o termo mais evocado, para o conceito polaridade os valores de somatório de coocorrência e arestas são substancialmente maiores em comparação ao terceiro conceito mais lembrado.

Com o intuito de entender a constituição do NC das duas etapas apresentadas, outras formas de trabalhar com os dados foram empregadas. A primeira foi a organização dos dados em gráficos bidimensionais a fim de reconhecer visualmente os agrupamentos e evidenciar o ganho e perda de relevância dos conceitos e posteriormente os termos e as justificativas foram categorizados para auxiliar na compreensão da ligação semântica dos conceitos.

4.2 Discussão dos resultados – Estudo I (Pré e pós- ensino)

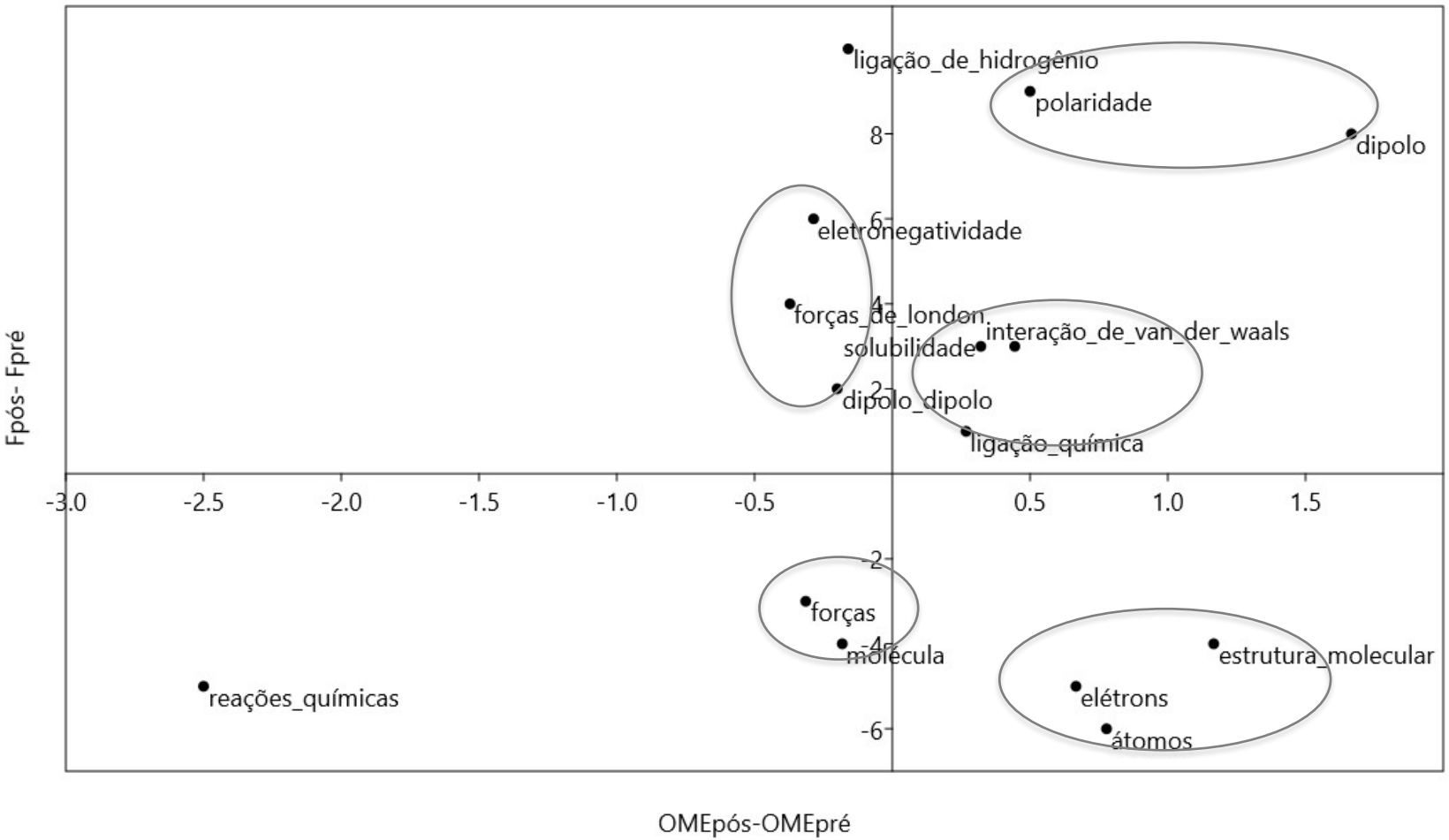
Com os resultados apresentados, os dois momentos, pré e pós-ensino, possuem algumas semelhanças no que diz respeito ao núcleo central. O NC no pré-ensino é composto por: "**ligação de hidrogênio**", "**molécula**" e "**dipolo-dipolo**"; entretanto o NC do pós-ensino é um pouco menor e abrange apenas: "**ligação de hidrogênio**" e "**polaridade**". O NC muda, e mesmo que seja uma pequena alteração, nota-se também que existe uma redução nos conceitos diferentes evocados de (80, pré-ensino, para 64, pós-ensino), essa diminuição na dispersão pode acontecer pela homogeneização da fala dos estudantes. Podemos lançar aqui uma hipótese de que os alunos vão amadurecendo o entendimento dos conceitos ao longo do processo de aprendizagem, destacando que o ensino tende a padronizar a linguagem, consequentemente impactando na escrita dos estudantes.

Na etapa pré-ensino as respostas apresentam uma maior dispersão das evocações, e por esse motivo apresentam mais conceitos na sua representação total, não obstante com corte realizado em 50% da frequência acumulada, essa diferença foi unicamente de um termo (12 conceitos na etapa pré-ensino e 11 conceitos na etapa pós-ensino). Essa pequena diferença não representa uma grande mudança em termos numéricos, o que provavelmente pode ter sido consequência direta do número reduzido de participantes nesse estudo.

Para contribuir para a discussão, propusemos a construção de uma análise bidimensional através de um gráfico (Figura 7), no qual é possível exprimir uma comparação entre os conceitos evocados que pertenciam ao corte mostrado no diagrama de Vergès de ambos os grupos. O gráfico foi plotado com o intuito de inferiro ganho ou perda de relevância dos conceitos entre as duas análises. Com os valores de frequência e OME, foram feitos dois cálculos para elaborar o gráfico:

- No eixo y: f (pós-ensino) – f (pré-ensino) e
- No eixo x: OME (pós-ensino) – OME (pré-ensino).

Figura 7 – Comparação das evocações – Pré-ensino e Pós-ensino (f e OME)



Fonte: Elaborado pela autora. Obtido via: PAST(PAleontological STatistics Version 3.20). Manual disponível: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4407502/mod_resource/content/1/past3manual.pdf.

No gráfico, em relação a frequência, nos quadrantes superiores estão os conceitos aumentaram a quantidade de evocações do termo, e nos quadrantes inferiores diminuíram. Sobre a OME: nos quadrantes localizados à esquerda estão os conceitos que foram mais prontamente evocados (diminuíram o valor de OME), e nos quadrantes da direita os que foram menos prontamente evocados (aumentaram o valor de OME).

Nesse gráfico existem cinco conglomerados de conceitos destacados no gráfico (Figura 7) e dois termos que aparecem em destaque apartados dos demais. Os conceitos no quadrante superior esquerdo ganharam mais relevância aumentando a frequência e sendo mais prontamente evocados, são eles: ***Eletronegatividade*** (Pré: f = 1; OME = 4,00; Pós: f = 7; OME = 3,71) ***Forças de London*** (Pré: f = 10; OME = 3,30; Pós: f = 14; OME = 2,00), e ***Dipolo-dipolo*** (Pré: f = 10; OME = 2,20; Pós: f = 12; OME = 2,00), ainda no mesmo quadrante o conceito de ***Ligação de hidrogênio*** (Pré: f = 25; OME = 2,56; Pós: f = 35; OME = 2,40) se destaca por apresentar um aumento de dez unidades em frequência (a maior variação dentre os conceitos).

No quadrante superior direito são encontrados os termos com aumento de frequência e que foram menos prontamente lembrados comparados à etapa pré-ensino: os conceitos ***Polaridade*** (Pré: f = 9; OME = 2,33; Pós: f = 18; OME = 2,83) e ***Dipolo*** (Pré: f = 1; OME = 1,00; Pós: f = 9; OME = 2,67), ganham destaque no quadrante pois a variação de frequência foi alta. O segundo grupo com uma singela variação é composto por: ***Solubilidade*** (Pré: f = 4; OME = 3,25; Pós: f = 7; OME = 3,57), ***Interação de van der Waals*** (Pré: f = 6; OME = 2,67; Pós: f = 9; OME = 3,11) e ***Ligação Química*** (Pré: f = 7; OME = 1,86; Pós: f = 8; OME = 2,12).

Os termos localizados no quadrante inferior direito perderam relevância, diminuíram a frequência e foram menos prontamente evocados: ***Estrutura Molecular*** (Pré: f = 6; OME = 3,83; Pós: f = 2; OME = 5,00); ***Elétrons*** (Pré: f = 6; OME = 3,33; Pós: f = 1; OME = 4,00) e ***Átomos*** (Pré: f = 9; OME = 2,22; Pós: f = 3; OME = 3,00). No quadrante inferior esquerdo se encontram os termos com menor frequência e mais prontamente lembrados: ***Forças*** (Pré: f = 10; OME = 3,60; Pós: f = 7; OME = 3,29) e ***Molécula*** (Pré: f = 11; OME = 2,18; Pós: f = 7; OME = 2,00), e em destaque ***Reações Químicas*** (Pré: f = 6; OME = 3,50; Pós: f = 1; OME = 1,00), que aparece isolado.

Com exceção do conceito *ligação química*, os termos que ganharam relevância após o estudo do tema (*Ligação de hidrogênio, Polaridade, Dipolo, Solubilidade, Interação de van der Waals, Dipolo-dipolo, Eletronegatividade e Forças de London*) têm relação direta com interações intermoleculares o que pode indicar uma consequência da aprendizagem durante o período. Em contrapartida, conceitos mais abrangentes (*Reações químicas, Forças, Molécula, Elétrons, Átomos* e *Estrutura Molecular*) perderam relevância para o grupo.

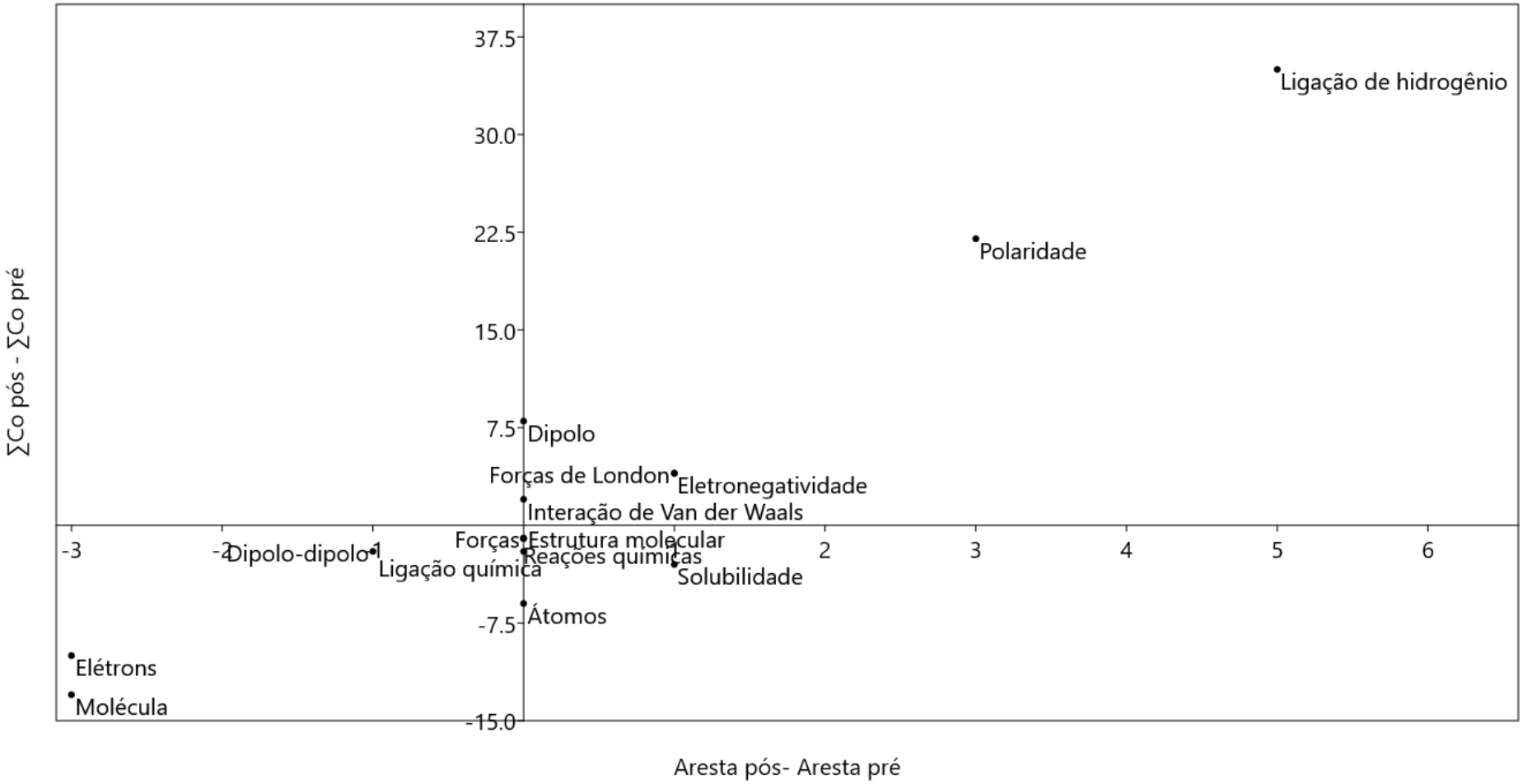
Uma segunda análise foi realizada comparando o somatório de coocorrência (∑ Co) e de número de arestas (nºA):

- No eixo y: ∑ Co pós-ensino – ∑ Co pré-ensino e
- No eixo x: nºA pós-ensino – nºA pré-ensino.

Neste gráfico, quadrantes superiores estão os conceitos que aumentaram a quantidade de coocorrências do termo e nos quadrantes inferiores diminuíram. Nos quadrantes localizados à esquerda estão os conceitos que possuem menos arestas e nos quadrantes da direita os que aumentaram o número de arestas. Deste modo, os conceitos no quadrante superior direito indicam um ganho de importância enquanto os termos no quadrante inferior esquerdo perderam relevância.

Os dados utilizados para construir o gráfico (Figura 8) foram extraídos da árvore de similitude completa (sem o corte), para ser possível avaliar a coocorrência entre todos os conceitos. De posse do gráfico é possível inferir que os termos localizados no quadrante inferior esquerdo a conectividade entre os demais conceitos diminuiu, ou seja possui menos arestas e somatório de coocorrência, são eles: ***Elétrons*** (Pré: ∑Co = 11; nºA = 4; Pós: ∑Co = 1; nºA = 1)*;* ***Molécula*** (Pré: ∑Co = 17; nºA = 4; Pós: ∑Co = 4; nºA = 1), e no mesmo sentido e com menor intensidade: ***Ligação química*** (Pré: ∑Co = 8; nºA = 3; Pós: ∑Co = 6; nºA = 3) e **Dipolo-dipolo** (Pré: ∑Co = 12; nºA = 2; Pós: ∑Co = 10; nºA = 1).

Figura 8 – Comparação das evocações Pré-ensino e Pós-ensino (Arestas e somatório de coocorrência)



Fonte: Elaborado pela autora. Obtido via: PAST (PAleontological STatistics Version 3.20).

No quadrante inferior direito a conectividade entre os mesmos termos foi reduzida, mas cresceu entre conceitos diferentes, ou seja, o somatório de coocorrências diminuiu, porém o número de arestas aumentou, o único termo presente nessa faixa é: ***Solubilidade*** (Pré: ∑Co = 10; nºA = 2; Pós: ∑Co = 7; nºA = 3), e exatamente com o mesmo valor de arestas, decaindo apenas o valor de coocorrência: ***Átomos*** (Pré: ∑Co = 10; nºA = 2; Pós: ∑Co = 4; nºA = 2); ***Reações químicas*** (Pré: ∑Co = 3; nºA = 1; Pós: ∑Co = 2; nºA = 1); **Forças** (Pré: ∑Co = 7; nºA = 2; Pós: ∑Co = 6; nºA = 2); ***Estrutura molecular*** (Pré: ∑Co = 3; nºA = 1; Pós: ∑Co =2; nºA = 1);

E por fim no quadrante superior direito os termos aumentaram a conectividade com maiores valores de coocorrência e de arestas: **Ligação de hidrogênio** (Pré: ∑Co = 70; nºA = 19; Pós: ∑Co =105; nºA = 24) e **Polaridade** (Pré: ∑Co = 10; nºA = 5; Pós: ∑Co = 32; nºA = 8) e em menor escala: **Eletronegatividade** (Pré: ∑Co = 1; nºA = 1; Pós: ∑Co = 5; nºA = 2) e **Forças de London** (Pré: ∑Co = 12; nºA = 3; Pós: ∑Co = 16; nºA = 4). No mesmo quadrante e exatamente no eixo y encontram-se os conceitos que aumentaram o somatório de coocorrência, porém a quantidade de arestas permaneceu inalterada: **Interação de van der Waals** (Pré: ∑Co = 8; nºA = 2; Pós: ∑Co = 10; nºA = 2) e **Dipolo** (Pré: ∑Co = 2; nºA = 2; Pós: ∑Co = 10; nºA = 2).

Em resumo, o conceito que mais ampliou sua importância foi *ligação de hidrogênio* seguido por: *polaridade, eletronegatividade* e *forças de London*. É notório que os termos mais gerais e foram perdendo destaque e dando lugar a conceitos mais específicos e relacionados ao tema. Um fato que pode ter contribuído para essa mudança é que na disciplina de Química Geral I, após serem estudadas ligações químicas, o assunto seguinte é interações intermoleculares, na qual são abordados: Interação íon-íon, dipolo-dipolo, ligação e hidrogênio, forças dispersivas de London e dipolo-dipolo induzido (JUNQUEIRA, 2017). Assim os alunos se apropriaram melhor do tema e conceitos mais periféricos perdem importância.

Entretanto alguns problemas ainda perduram, como o fato de os conceitos elencados como tipo de interação possuírem notável destaque em detrimento de propriedades moleculares relacionadas à distribuição de cargas elétricas numa molécula, tais como: momento de dipolo, polaridade e polarizabilidade. Tais propriedades são definidoras dos tipos de interação e deveriam, ao nosso ver, ter um

maior destaque no ensino das interações intermoleculares. Uma provável causa dessa persistente evidência é que o conteúdo pode ser apresentado muitas vezes privilegiando a discussão classificatória pela intensidade da força em vez de aprofundar a natureza da interação ou até mesmo a correlação das interações entre si (REIS, 2008). Na disciplina de Bioquímica, as interações são tratadas nas estruturas das macromoléculas biológicas e nos processos bioquímicos (JUNQUEIRA, 2017) e esses fenômenos aparecem nas justificativas dos alunos INI2018_30[20]: "As interações intermoleculares especialmente, as ligações de hidrogênio e interações hidrofóbicas ajudam na estabilização da dupla fita de DNA.".

Cabe ressaltar que durante leitura das justificativas foi notada uma melhora na qualidade dos textos escritos pelos respondentes, com justificativas mais elaboradas o que implica uma argumentação mais rica. Para exemplificar com conceitos diversos, no Quadro 13 encontram-se algumas das justificativas dadas pelo mesmo aluno nos dois momentos da pesquisa (pré e pós-ensino).

Quadro 13 – Exemplos de justificativas com termos diversos

Termo	Pré-ensino	Pós-ensino
Ligação de hidrogênio	ING2018_4 "*Dos três tipos de interações entre átomos de uma molécula ou entre duas moléculas, a ligação de hidrogênio é a mais forte.*"	INI2018_8 "*A mais forte das forças intermoleculares e responsável pela estruturação de importantes moléculas, como o DNA.*"
Ligação de hidrogênio	ING2018_84 "*Uma ligação difícil de ser quebrada*."	INI2018_34 "*Porque são interações muito importantes que contribuem para características das moléculas, como por exemplo sua solubilidade em água.*"
Ligação de hidrogênio	ING2018_99 *"Interações de Hidrogênio – O elemento base para as interações e que forma as interações mais fortes."*	*INI2018_44* *"Quando há um átomo de hidrogênio entre átomos muito eletronegativos, há uma interação entre esses átomos, quase que uma ligação, assim caracterizando uma ligação de hidrogênio."*

[20] O código para cada aluno ficou organizado da seguinte forma: ING = ingressante; INI = iniciante e AVA = avançado, seguido pelo ano de coleta 2015 ou 2018 e por último o número de ordem de acordo com o nome. Logo ING2018_1 corresponde a um aluno ingressante do ano 2018 e é o primeiro aluno de acordo com a ordem alfabética do grupo.

Ligação química	ING2018_69 *"As interações intermoleculares me lembram as ligações que as moléculas analisadas fazem."*	INI2018_28 *"Interações intermoleculares dependem das ligações químicas que formam as moléculas com suas estruturas."*
Dipolo induzido	ING2018_49 "*Não me recordo do nome exato de cada interação, mas lembro da dualidade instantâneo/induzido."*	INI2018_18 *"Interação intermolecular entre moléculas apolares."*
Solubilidade	ING2018_95 "É o resultado entre a polaridade dos compostos."	INI2018_41 "As interações intermoleculares estão ligadas a maior ou menor solubilidade da substância."

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.1 Categorização e análise qualitativa das evocações

Os conceitos evocados pelos respondentes foram categorizados após a leitura exaustiva e com a contribuição das justificativas e das frases (questões 3 e 4, respectivamente). Foram formadas quatro categorias apresentadas na metodologia que auxiliaram na análise de modo a ser possível agrupar os termos contribuindo para a discussão.

Na categoria **Tipos de Interações**, dos 12 conceitos presentes no diagrama da etapa pré-ensino, 4 pertencem a essa categoria (*Ligação de hidrogênio*, *Dipolo-dipolo*, *Forças de London* e *Interação de van der Waals*) sendo 2 localizados no NC, o que era esperado por este conteúdo apresentar muitas classificações. Para a etapa pós-ensino os termos dessa categoria são 4 dos 11 conceitos com alta relevância, e foram exatamente os mesmos citados no grupo pré-ensino, porém com pequenas alterações nas frequências e OME de cada um. No quadro 14, considerando os quatro conceitos a frequência total aumentou de 51 (pré-ensino) para 70 (pós-ensino). Sem o termo Ligação de Hidrogênio (o mais frequente) esse aumento é de 26 (pré-ensino) para 35 (pós-ensino).

Sobre a categoria **Propriedade Molecular** as citações totais aumentaram de 26 para 41. A etapa pré-ensino foi composta por (*Molécula*, *Polaridade* e *Estrutura molecular*), e para o pós-ensino (*Molécula*, *Polaridade*, *Dipolo* e *Eletronegatividade*). O conceito Estrutura Molecular (que consideramos muito geral) perde relevância, não aparecendo no corte do pós-ensino; Molécula, outro conceito também considerado geral, tem uma redução na frequência (de 11 para 7). O termo Polaridade dobra o seu

valor (de 9 para 18 citações); os conceitos Dipolo e Eletronegatividade, que não aparecem no pré-ensino, ganham relevância sendo lembrados no pós-ensino. Os conceitos Dipolo, Eletronegatividade e Polaridade são mais específicos, o que pode apontarque o ensino contribuiu para que fossem destacados na linguagem dos estudantes.

A categoria **Conceito Básico** contém os termos não relacionados diretamente ao tema, analisando todos os conceitos presentes a frequência cai de 38 para 15. A etapa pré-ensino foi composta por *Ligação química*, *Elétrons*, *Átomos*, *Forças* e *Reações químicas* e para o pós-ensino *Ligação química* e *Forças*, uma redução de 5 para 2 conceitos. O termo Forças, embora expresso de maneira geral, ainda tem aderência ao tema (diminui de 10 para 7) e o conceito Ligação Química continuou com a mesma importância (aumentando de 7 para 8).

A categoria **Propriedade Macroscópica** não contém nenhum conceito no pré-ensino e no pós-ensino; o termo Solubilidade ganha relevância, já que esse conceito tem relação direta com o tema e representa mais uma vez a contribuição do ensino.

Quadro 14 – Comparação entre as evocações – pré e pós-ensino

Categoria do termo	Pré-ensino	Pós-ensino
Tipo de Interação	Dipolo-dipolo (NC, 10) Forças de London (1ª P, 10) Interação de van der Waals (ZC, 6) Ligação de hidrogênio (NC, 25)	Dipolo-dipolo (1ª P, 12) Forças de London (1ª P, 14) Interação de van der Waals (1ª P, 9) Ligação de hidrogênio (NC, 35)
Propriedade molecular	Molécula (NC, 11) Polaridade (1ª P, 9) Estrutura molecular (2ª P, 6)	Molécula (ZC, 7) Polaridade (NC, 18) Dipolo (1ª P, 9) Eletronegatividade (2ª P, 7)
Conceito básico	Forças (1ª P, 10) Ligação química (ZC, 7) Reações químicas (2ª P, 6) Átomos (1ª P, 9) Elétrons (2ª P, 6)	Forças (2ª P, 7) Ligação química (ZC, 8)
Propriedade macroscópica	-	Solubilidade (2ª P, 7)

Fonte: Elaborado pela autora. A evocação é seguida da posição no diagrama de Vergès (NC = Núcleo Central, 1ªP = 1ª Periferia, ZC = Zona de contraste e 2ªP = 2ª Periferia) e o valor da frequência.

Comparando as duas etapas, há uma pequena mudança nos tipos de termos mais lembrados, para o pós-ensino, os conceitos considerados indiretamente relacionados ao tema e categorizados como Conceitos Básicos perderam relevância dando lugar a termos com ligação mais direta ao tema presentes na categoria Propriedade Molecular e Propriedade Macroscópica.

Para ter uma visão geral sobre as perspectivas dos termos que pertencem ao núcleo central, foram analisadas e categorizadas as respectivas justificativas, no Quadro 15 – pré-ensino e no Quadro 16 – pós-ensino, encontra-se um resumo dessa organização, com o intuito de inferir se ocorreram mudanças significativas durante o período de estudo. A categoria das justificativas não é excludente, uma justificativa pode ser agrupada em um ou mais tipos de categorias.

Quadro 15 – Significados dos conceitos evocados do NC – Pré-ensino

Termo /Evoc	Categoria da justificativa/ Quantidade de Referências	Definição	Exemplos de justificativas dos alunos
Ligação de hidrogênio (25[21])	Água 4	Exemplificar com a água foi uma forma de demonstrar onde as ligações de hidrogênio são encontradas.	ING2018_27 “Interação que ocorre com H_2O e etanol, lembrei pois é muito abordado em química.” ING2018_56 “As ligações de hidrogênio definem as forças intermoleculares da água.”
	Bioquímica 4	Respostas que possuem uma relação ou citam a Biologia/ Bioquímica.	ING2018_75 “Presente em uma grande quantidade de proteínas, biomoléculas e entre diversas substâncias.” ING2018_93 “As pontes de hidrogênio são extremamente importantes para a vida: estão presentes tanto em nosso código genético quanto em substâncias essenciais para a vida.”
	Eletronegatividade 3	Respostas evidenciaram que a ligação ocorre entre H e os três elementos mais eletronegativos da tabela.	ING2018_26 “É o tipo de interação intermolecular que ocorre entre um átomo muito eletronegativo e o hidrogênio, o qual é muito eletropositivo.” ING2018_53 “As pontes de hidrogênio é a mais forte interação intermolecular que existe, ocorrendo com H ao FON.”

[21] Termo seguido do valor da frequência

	Intensidade da força 13	Respostas que consideraram que a ligação de hidrogênio é a interação mais forte.	ING2018_92 “É a interação de maior força dentre as outras.” ING2018_84 “Uma ligação difícil de ser quebrada.”
	Tipo de interação 7	As respostas desta categoria descrevem os tipos de interação intermolecular.	ING2018_32 “Um tipo de interação intermolecular.” ING2018_35 “Tipo de interação.”
Molécula (11)	Objeto de estudo 3	Respostas apontam que as moléculas são a base de estudo desse tema.	ING2018_30 “Interações intermoleculares envolvem moléculas.” ING2018_95 “Moléculas: objetos de estudo neste tema.”
	Tipo de interação 8	Resposta aponta que é possível diferenciar as moléculas por suas interações.	ING2018_12 “Moléculas podem ser diferenciadas por suas interações intermoleculares e a intensidade entre elas.”
Dipolo-dipolo (10)	Intensidade da força 4	Respostas que consideraram a força dessa interação.	ING2018_6 “A polaridade tem grande relação com as interações, tendo interações mais fortes ou fracas dependendo das moléculas.” ING2018_53 “O dipolo-dipolo ou dipolo permanente é a mais forte interação intermolecular que ocorre quando elementos que possuem eletronegatividade bem diferentes (não sendo H ao FON).”
	Lembrança 1	Resposta indica que o aluno lembra do nome	ING2018_75 “Dipolo-dipolo – Interação estudada durante o ensino médio.”
	Tipo de interação 5	As respostas desta categoria descrevem os tipos de interação intermolecular.	ING2018_49 “É outro tipo de interação intermolecular.” ING2018_76 “É um tipo de interação mais comum entre moléculas.”

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 16 – Significados dos conceitos evocados – Pós-ensino

Termo /Evoc	Categoria da justificativa/ Quantidade de Referências	Definição	Exemplos de justificativas dos alunos
Ligação de hidrogênio (35)	Água 3	Exemplificar com a água foi uma forma de demonstrar onde as ligações de hidrogênio são encontradas.	INI2018_32 “A ligação de hidrogênio é um dos responsáveis para que as moléculas de H_2O tenha propriedades tão importantes para o planeta.” INI2018_54 “Porque são interações muito importantes que contribui para a característica das moléculas como por exemplo sua solubilidade em água.”
	Bioquímica 5	Respostas que possuem uma relação ou citam a Biologia/Bioquímica.	INI2018_48 “Presente em muitos lugares, por exemplo em DNA e proteínas.” INI2018_8 “A mais forte das forças intermoleculares e responsável pela estruturação de importantes moléculas como o DNA.”
	Eletronegatividade 8	Respostas evidenciaram que a ligação ocorre entre H e os três elementos mais eletronegativos da tabela.	INI2018_36 “Interação do átomo de hidrogênio com átomos mais eletronegativos como F, O, N.” INI2018_21 “Interação intermolecular entre átomos de hidrogênio de uma molécula com átomos de F, O ou N da outra.”
	Intensidade da força 7	Respostas que consideraram que a ligação de hidrogênio é a interação mais forte.	INI2018_25 “A ligação de hidrogênio e outra característica de uma interação do tipo forte, em que as ligações das moléculas que interagem são quebradas com temperaturas altas.” INI2018_26 “Dentre as interações intermoleculares, destaca-se a ligação de hidrogênio por sua intensidade.”
	Tipo de interação 32	As respostas desta categoria descrevem os tipos de interação intermolecular.	INI2018_62 “A ligação de hidrogênio é um caso específico de ligação, extremamente importante.” INI2018_49 “Ligação de hidrogênio: tipo de ligação intermolecular.”
Polaridade (18)	Eletronegatividade 6	As respostas evidenciaram que polaridade envolve cargas e/ou diferença de eletronegatividade.	INI2018_8 “O estudo das forças intermoleculares depende da compreensão do tópico da polaridade (distribuição da carga) em uma molécula.” INI2018_36 “Substância que possuem carga residual devido a diferença de eletronegatividade.”
	Intensidade da força 2	A polaridade possui intensidade nas forças envolvidas.	INI2018_6 “A polaridade tem grande relação com as interações, tendo interações mais fortes ou fracas dependendo das moléculas.” INI2018_42 “Polaridade pois explica as reações e tipo de interações entre moléculas, das mais fortes as mais fracas.”

	Interação entre moléculas 10	As respostas evidenciam que a polaridade está relacionada com a interação entre as moléculas e pode caracterizar uma interação intermolecular.	INI2018_20 “Um fator que faz as moléculas interagir entre si é a sua polaridade, por exemplo uma substância polar interage com um meio polar.” INI2018_18 “A polaridade de uma molécula influência nas forças intermoleculares.”

Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 15, apresenta as categorias dos conceitos presentes no núcleo central da etapa pré-ensino (Ligação de hidrogênio, Molécula e Dipolo-dipolo), assim os conceitos mais importantes nessa RS são sobre tipo de interação e propriedade molecular.

Para o conceito de **Ligação de Hidrogênio** foram identificados cinco tipos de respostas: i) *Água*; ii) *Bioquímica*; iii) *Eletronegatividade*; iv) *Intensidade da força*; e v) *Tipo de interação*. O tipo de justificativa mais encontrado se refere à **intensidade da força**, em treze citações (52%), nas quais os alunos defendem a importância do termo devido a sua força, em alguns casos afirmando que é a mais forte entre todas as interações: ING2018_53: “A ponte de hidrogênio é a mais forte interação intermolecular que existe, ocorrendo com H ligado ao FON.”. Nesta parcela foi encontrada uma possível confusão também se referindo à força: ING2018_95: “A interação mais forte entre moléculas orgânicas”.

Seguindo em ordem decrescente têm-se a categoria **tipo de interação** com sete citações (28%), as quais basicamente apontam que ligação de hidrogênio é um tipo de interação intermolecular, as respostas mais completas justificam o conceito pela importância e fazem referência à intensidade da força ou destacam que é uma interação muito estudada/apresentada como na resposta do aluno ING2018_43: Ligação de Hidrogênio – “Provavelmente a interação intermolecular que eu mais estudei logo, foi a primeira que surgiu na minha mente”.

Com a mesma quantidade de ocorrências (4 citações, 16%) seguem as categorias água e bioquímica, em ambas os respondentes usam de exemplos relacionados à água, ou estruturas como proteínas e DNA para justificar a importância do termo. E por último a categoria eletronegatividade (3 citações, 12%) na qual as

respostas mostram uma preocupação em detalhar que a referida interação ocorre entre elementos com diferença expressiva de eletronegatividade.

O conceito **Molécula** foi o termo que apresentou as justificativas mais homogêneas apresentando duas categorias, grande parte enfatizando a relevância desse conceito para o entendimento do tipo de interação, (8 citações, 73%) já que ocorre entre moléculas e consequentemente definem a interação envolvida. A categoria objeto de estudo é composta apenas por três citações (27%) e as justificativas abordam que o conceito é a base do tema em questão.

As justificativas do termo **Dipolo-dipolo** foram divididas em três categorias, a primeira é bem específica e as respostas apontam que o termo é um tipo de interação (5 citações, 50%); a segunda já demostra novamente uma indução a classificação, normalmente comparando intensidade da força com as demais interações, como é o caso do ING2018_67: "*Depois da ponte de hidrogênio é a interação mais forte por ocorrer em moléculas polares com dipolos separados e bem definidos.*". Nessa parcela apareceu uma pequena confusão do aluno ING2018_27: "*Interação fraca de moléculas apolares com H-H, lembrei por ter revisado na matéria no começo do ano.*". E por último a categoria lembrança (1 citação, 10%) que se refere apenas a uma lembrança de estudar o tema durante o Ensino Médio.

O Quadro 16 contém os dados da parcela pós-ensino com dois conceitos no NC: **Ligação de Hidrogênio** e **Polaridade**, presentes nas categorias: Tipo de interação e Propriedade Molecular, respectivamente. Para o termo **Ligação de Hidrogênio**, comparando com o pré-ensino, possuem exatamente as mesmas categorias de justificativas, apenas variando a quantidade de citações em cada uma delas. A categoria tipo de interação (Pós-ensino – 32 citações, 91%) passa a ser a mais evidenciada (Pré-ensino – 7 citações, 28%). A segunda categoria que também teve um aumento nas citações foi eletronegatividade (Pós-ensino – 8 citações, 22%) contra (Pré-ensino – 3 citações, 12%). Estes dois pontos podem sinalizar que existe uma tendência na classificação das interações, porém a proposta é aprofundar essa análise no Estudo II (com maior volume de dados).

As seguintes categorias tiveram uma redução: intensidade da força, (Pós-ensino – 7 citações, 20% e Pré-ensino – 13 citações, 52%); água (Pós-ensino – 3

citações, 8% e Pré-ensino – 4 citações, 16%) e de forma percentual bioquímica (Pós-ensino – 5 citações, 14% e Pré-ensino – 4 citações, 16%).

Novamente os alunos apresentam respostas justificando a sua importância devido à intensidade da força, não evidenciando as propriedades moleculares consequentes dessa interação. E ainda persistem respostas que afirmam que a ligação de hidrogênio é a interação mais forte, por exemplo: INI2018_3: "*A ligação nomeada possui o maior caráter de força entre as interações intermoleculares, interagindo com átomos de F, O, N com H*.". Entretanto o menor número de citações sobre a intensidade da força pode indicar que menos alunos estão comprometidos com a classificação. As justificativas que envolvem conceitos e exemplos diretos com água e bioquímica são bem pontuais e apresentaram exemplos semelhantes sobre como a interação está presente na água, no DNA e em proteínas.

Nesta parcela, o conceito **Polaridade**, importante para o tema, ganhou um lugar no núcleo central. As categorias para esse conceito foram divididas em: Eletronegatividade (6 citações, 33%), na qual as justificativas abrangem a diferença de eletronegatividade e consequentemente a diferença na distribuição de cargas da molécula; Intensidade da força (2 citações, 11%), em que apenas duas respostas relacionam intensidade da força e polaridade; e Interação entre as moléculas (10 citações, 55%), a qual abarca as justificativas que defendem que a interação ocorre entre moléculas.

O ensino nesse período analisado fortaleceu o conceito de ligação de hidrogênio, foi o mais prontamente lembrado, mais evocado e aumentou sua conectividade (Pré-ensino: f = 25; OME = 2,56; Ar = 6; ∑Co = 40 e Pós-ensino f = 35; OME = 2,40; Ar = 7; ∑Co = 67), continuando no NC em ambas as análises. As justificativas basearam na intensidade da força, classificação em tipo de interação e exemplos relacionados a água e a bioquímica. As maiores ocorrências migraram de respostas pautadas na intensidade da força (13 citações, pré-ensino) para tipo de interação (32 citações, pós-ensino). O que sinaliza que essa interação pode ter sido apresentada de forma comparativa aos estudantes no Ensino Médio, e na graduação a classificação se fez muito presente. As respostas que envolviam eletronegatividade e exemplos mais aprimorados aumentaram o que denota um avanço no processo de aprendizagem. O conceito molécula que estava no NC passa para Zona de contraste

na segunda aplicação, por ser categorizado como conceito básico, sua perda de relevância também é importante para apontar que a RS do grupo está em processo de mudança devido ao ensino. O conceito de dipolo-dipolo, o qual pertencia ao NC, passa para a 1ª periferia, apresentando justificativas sobre o tipo de interação e pela intensidade da sua força. O conceito de polaridade passou da 1ª periferia para o NC, e suas justificativas envolveram intensidade da força e principalmente interação entre as moléculas e eletronegatividade. Esse conceito ganhar visibilidade na representação pode indicar que os estudantes estão iniciando um processo de adequação conceitual sobre o tema, o que poderá ser avaliado no próximo estudo.

O número pequeno de participantes não invalida os resultados uma vez que não existe uma exigência mínima de sujeitos, nesse estudo preliminar foi possível evidenciar mudanças no NC e nas periferias, assim como apresentar brevemente algumas mudanças nas justificativas dos conceitos. O objetivo de aplicar uma estratégia metodológica possibilitando obter a RS do grupo de alunos foi atingido, e no próximo estudo com um número maior de participantes será possível aprofundar-se mais nas comparações entre os grupos.

CAPÍTULO 5 – Resultados – Estudo II

5.1 Estudo II

Neste estudo será realizada uma comparação entre as respostas dos “ingressantes” e “avançados”, visando uma análise mais aprofundada dos dados coletados referentes aos conceitos de maior relevância para ambos os grupos. Para isto, aplicaremos a mesma metodologia apresentada no Estudo I, analisando a TELP (Questão 1), as justificativas (Questão 2) e a frase utilizando todas as evocações (Questão 4), com o intuito de obtermos a RS para os dois grupos assim como uma maior compreensão do significado dos conceitos mais relevantes.

5.1.1 Ingressantes – Análise de Saliência

Neste agrupamento todos os alunos participantes são ingressantes no curso, não possuindo nenhum pré-requisito para a inclusão no grupo, totalizando 102 respondentes da coleta realizada em 2018. Foram produzidas 514 evocações[22], após o processo de lematização e agrupamento, foram obtidas 129 evocações diferentes entre si, cuja listagem se encontra no Anexo 5.

Dos termos evocados, 74 foram lembrados apenas uma vez, logo o corte realizado em 50% engloba os termos com f ≥ 10. Os conceitos contidos nesse corte incluem 260 das 514 evocações totais e a frequência acumulada abrange 12 conceitos dos 129 diferentes termos evocados conforme mostra a Tabela 4.

A mediana das frequências foi igual a 19,5 correspondendo a aproximadamente 38% dos termos com maiores frequências e a mediana da OME foi de 2,92. O quadrante de Vergès (Quadro 17) aponta para um possível NC composto por: ***Ligação de hidrogênio*** (f = 58 e OME = 2,48); ***Molécula*** (f = 27 e OME = 2,15); ***Polaridade*** (f = 22 e OME = 2,68); ***Ligação química*** (f = 21 e OME = 2,14); e ***Dipolo-dipolo*** (f = 21 e OME = 2,71).

[22] Representando um número maior do que o esperado (510) em decorrência de alguns respondentes terem evocado mais do que os cinco conceitos sugeridos na Questão 1.

Tabela 4 – Dados da frequência das evocações – Ingressantes (n = 102)

Frequência (f)	Nº de termos diferentes por f	Nº total de termos por f	Frequência Acumulada	% Total
58	1	58	58	11,3
28	1	28	86	16,7
27	1	27	113	22,0
22	1	22	135	26,3
21	2	42	177	34,4
18	1	18	195	37,9
17	2	34	229	44,6
11	1	11	240	46,7
10	**2**	**20**	**260**	**50,6**
9	3	27	287	55,8
8	2	16	303	58,9
7	4	28	331	64,4
6	2	12	343	66,7
5	4	20	363	70,6
4	4	16	379	73,7
3	13	39	418	81,3
2	11	22	440	85,6
1	74	74	514	100,0

Fonte: Elaborado pela autora.

É evidente que o conceito mais evocado (**Ligação de Hidrogênio**) tem o dobro do valor de frequência comparado ao 2º termo, entretanto não é o mais prontamente lembrado, e sim **Ligação Química**, o que pode ser um ponto a ser investigado ao longo da discussão afim de inferir qual a justificativa apresentada sobre esse conceito. A variação da frequência é bem ampla, indo de 10 até 58 unidades, e a OME possui uma variação de 2,14 até 3,60.

Quadro 17 – Quadrante de Vergès - Ingressantes (n = 102)

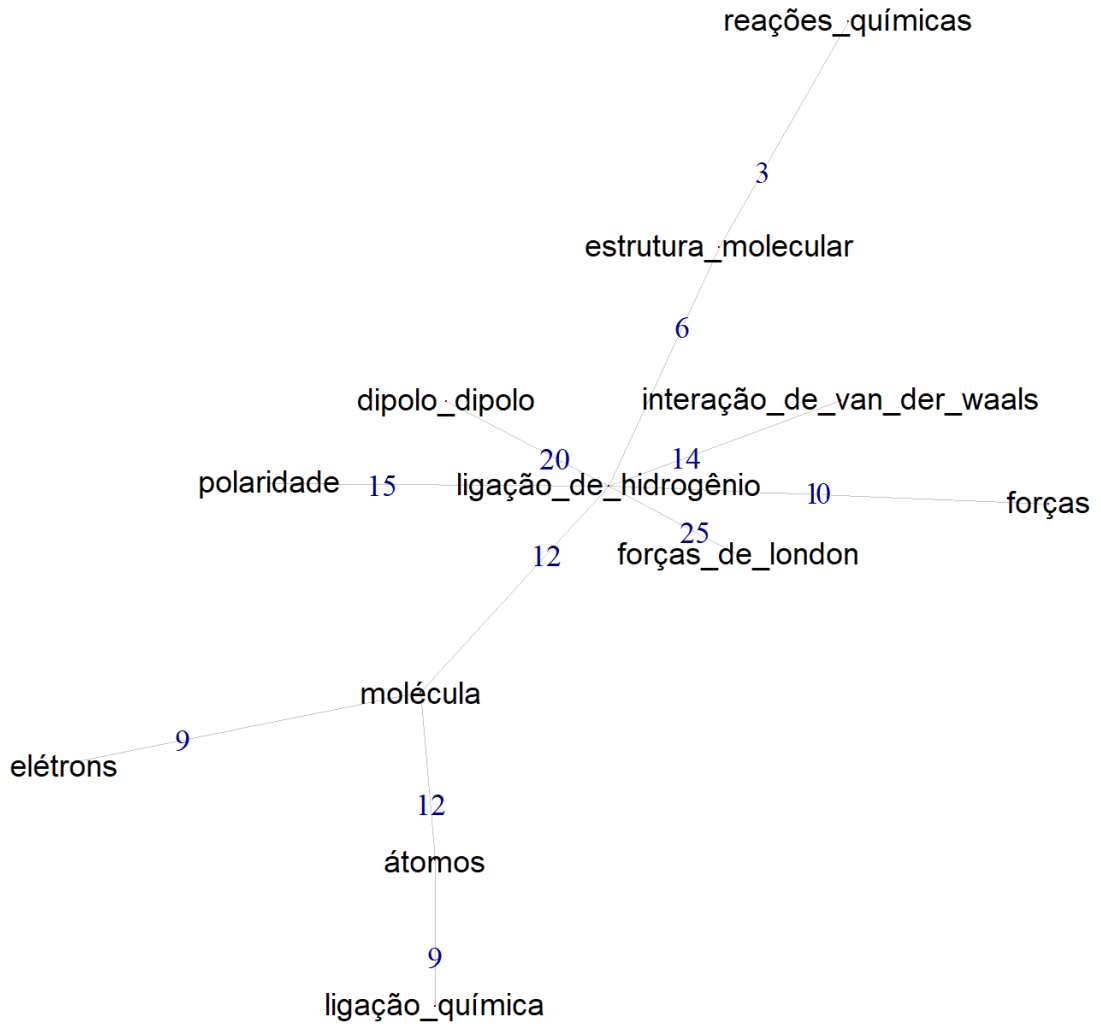
Núcleo			**1ª Periferia**		
Conceito	f ≥19,5	OME ≤2,92	Conceito	f ≥19,5	OME >2,92
Ligação de hidrogênio	58	2,48	Forças de London	28	3,46
Molécula	27	2,15			
Polaridade	22	2,68			
Ligação química	21	2,14			
Dipolo-dipolo	21	2,71			
Zona de Contraste			**2ª Periferia**		
Conceito	f < 19,5	OME ≤2,92	Conceito	f <19,5	OME > 2,92
Átomos	18	2,89	Interação de van der Waals	17	2,94
			Forças	17	3,47
			Elétrons	11	3,36
			Estrutura molecular	10	3,40
			Reações químicas	10	3,60

Fonte: Elaborado pela autora.

5.1.2 Ingressantes – Análise de Similitude

Com os mesmos dados, foi construída a árvore de máxima similitude, para isto, foram selecionados os dados com evocação mais frequente, os quais compõem o mesmo corte utilizado no diagrama de Vergès anterior (f ≥ 10). Com a árvore de máxima similitude (Figura 9) nota-se a relevância do termo ligação de hidrogênio no centro conectado a sete conceitos: **Molécula**, **Forças de London**, **Forças**, **Polaridade**, **Dipolo-Dipolo**, **Interação de van der Waals** e **Estrutura Molecular**. Outro nó é observado no termo **Molécula** que possui três arestas ligadas aos conceitos: **Átomos**, **Elétrons** e **Ligação de Hidrogênio**; o conceito **Átomos** possui duas arestas ligadas à **Molécula** e **Ligação Química**, assim como **Estrutura Molecular** ligado a **Reações Químicas** e **Ligação de Hidrogênio**.

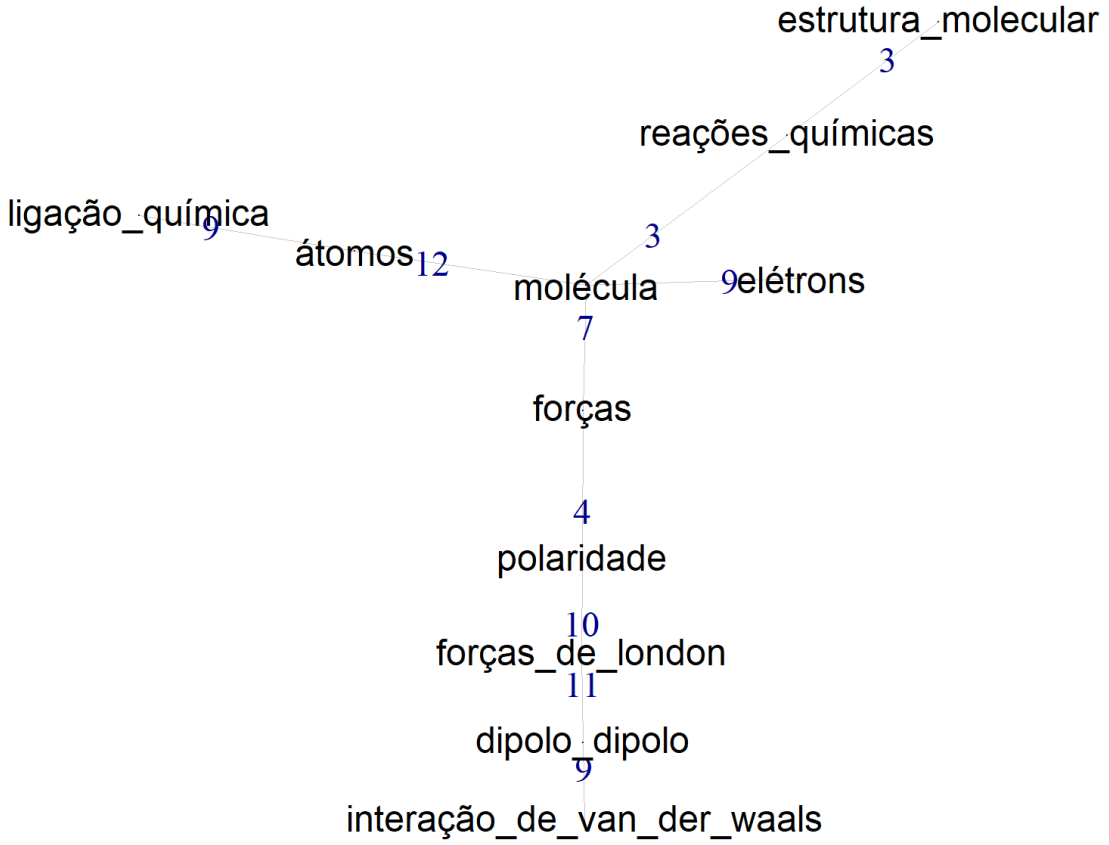
Figura 9 – Árvore Máxima de Similitude – Corte 50% - Ingressantes (n = 102)



Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2. Formatação: Fruchterman Reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

No diagrama de Vergès é possível observar que cinco conceitos concorrem a um lugar no NC e pela árvore de máxima similitude há dois conceitos com maior conectividade (**Ligação de hidrogênio** e **Molécula**). Retirando o termo **ligação de hidrogênio** (o conceito mais evocado), o termo central passa a ser **Molécula** com quatro arestas: **Átomos**, **Reações Químicas**, **Elétrons** e **Forças**. Os conceitos **Reações Químicas**, **Átomos**, **Forças**, **Polaridade**, **Forças De London** e **Dipolo-Dipolo** possuem duas arestas cada e os termos **Estrutura Molecular**, **Ligação Química**, **Elétrons** e **Interação de van der Waals** possuem apenas uma aresta cada (Figura 10).

Figura 10 – Árvore Máxima de Similitude – Corte 50% (Com o conceito "ligação de hidrogênio" retirado) – Ingressantes (n = 102)



Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2. Formatação: Fruchterman Reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

Com a retirada do termo Ligação de Hidrogênio, o conceito **Molécula** assume a centralidade, e comparando com os conceitos seguintes (**Polaridade**, **Dipolo-Dipolo** e **Ligação Química**) os valores de frequência, OME, número de arestas e somatório de coocorrências são relativamente maiores e desta maneira foram transferidos para a 1ª periferia. O conceito **Forças de London** poderia ser transferido para o NC pela sua frequência e somatório de coocorrência, porém o seu valor de OME é alto e a quantidade de arestas é baixo em ambas as árvores, o que não demonstra ser necessário à sua alteração.

Assim o NC deste grupo ficou composto por dois conceitos: **Ligação de Hidrogênio e Molécula** o Quadro 18 mostra os dados para esse grupo de forma atualizada. O NC ficou bem próximo da parcela de 45 alunos analisada no Estudo I, o qual contou com os termos: **Ligação de Hidrogênio**, **Molécula** e **Dipolo-dipolo**.

Quadro 18 – Conceitos mais importantes pela análise prototípica juntamente com a Árvore Máxima de Similitude – Ingressantes (n = 102)

Diagrama de Vergès	TERMOS	Saliência		Similitude			
				Com Ligação de Hidrogênio		Sem Ligação de Hidrogênio	
		f	OME	∑co	Ar	∑co	Ar
NC	Ligação de Hidrogênio	58	2,48	96	7	-	-
	Molécula	27	2,15	33	3	31	4
1ªP	Polaridade	22	2,68	15	1	14	2
	Ligação química	21	2,14	9	1	9	1
	Dipolo-dipolo	21	2,71	20	1	20	2
	Forças de London	28	3,46	25	1	21	2
ZC	Átomos	18	2,89	21	2	21	2
2ªP	Interação de van der Waals	17	2,94	14	1	9	1
	Forças	17	3,47	10	1	11	2
	Elétrons	11	3,36	9	1	9	1
	Estrutura molecular	10	3,40	9	2	3	1
	Reações químicas	10	3,60	3	1	6	2

Fonte: Elaborado pela autora.

5.1.3 Avançados – Análise de Saliência

Como pré-requisito para a inclusão no grupo, o aluno deveria: **I)** Ter sido aprovado em: Química Geral I e II, Introdução a Bioquímica I, Química Inorgânica I, Físico Química I, Estrutura e propriedade dos compostos orgânicos; **II)** Estar cursando no momento da pesquisa ou ter sido aprovado em Físico-Química III, Reatividade de compostos orgânicos, Química orgânica experimental, Bioquímica Metabólica, Biologia Molecular e **III)** Ter tempo de curso superior a 3 anos.

Este grupo contém 62 respondentes da coleta realizada em 2015 e 83 em 2018, totalizando 145 alunos. Este grupo produziu 729 evocações[23], após a lematização e agrupamento, foram obtidas 125 evocações diferentes entre si, cuja listagem se encontra no (Anexo 6). Dos termos evocados, 61 foram lembrados apenas uma vez, e o corte realizado em 50% engloba os conceitos com f ≥ 16. Os conceitos desse corte abrangem 372 das 729 evocações totais e a frequência acumulada envolvem 12 conceitos dos 125 diferentes termos evocados, Tabela 5.

[23] Representando um número maior do que o esperado (725) em decorrência de alguns respondentes terem evocado mais do que os cinco conceitos sugeridos na questão 1.

Tabela 5 - Dados da frequência das evocações – Avançados (n=145)

Frequência (f)	Nº de termos diferentes por f	Nº total de termos por f	Nº total de termos	% Total
85	1	85	85	11,7
66	1	66	151	20,7
30	1	30	181	24,8
28	1	28	209	28,7
25	1	25	234	32,1
23	2	46	280	38,4
20	2	40	320	43,9
19	1	19	339	46,5
17	1	17	356	48,8
16	**1**	**16**	**372**	**51,0**
15	1	15	387	53,1
14	1	14	401	55,0
13	3	39	440	60,4
12	3	36	476	65,3
10	2	20	496	68,0
9	3	27	523	71,7
8	2	16	539	73,9
7	3	21	560	76,8
6	4	24	584	80,1
5	1	5	589	80,8
4	5	20	609	83,5
3	11	33	642	88,1
2	13	26	668	91,6
1	61	61	729	100,0

Fonte: Elaborado pela autora.

A mediana das frequências obtida foi igual a 23 e a mediana da OME foi de 2,69. O quadrante de Vergès (Quadro 19) aponta para um possível NC composto por: ***Ligação de hidrogênio***, (f = 85 e OME = 1,96); ***Interação de van der Waals***, (f = 66 e OME = 2,41), ***Ligação Química*** (f = 30 e OME = 2,07) e ***Dipolo***, (f = 25 e OME = 2,68).

Quadro 19 - Quadrante de Vergès - Avançados (n=145)

Núcleo			**1ª Periferia**		
Conceito	f ≥ 23	OME≤2,69	Conceito	f ≥ 23	OME>2,69
Ligação de Hidrogênio	85	1,96	Polaridade	28	2,93
Interação de Van der Waals	66	2,41	Ponto de ebulição	23	3,30
Ligação química	30	2,07	Molécula	23	3,17
Dipolo	25	2,68			
Zona de Contraste			**2ª Periferia**		
Conceito	f < 23	OME≤2,69	Conceito	f < 23	OME>2,69
Forças	20	2,50	Dipolo-dipolo	20	3,20
Interação eletrostática	19	2,47	Atração	17	2,71
			Polarizabilidade	16	3,19

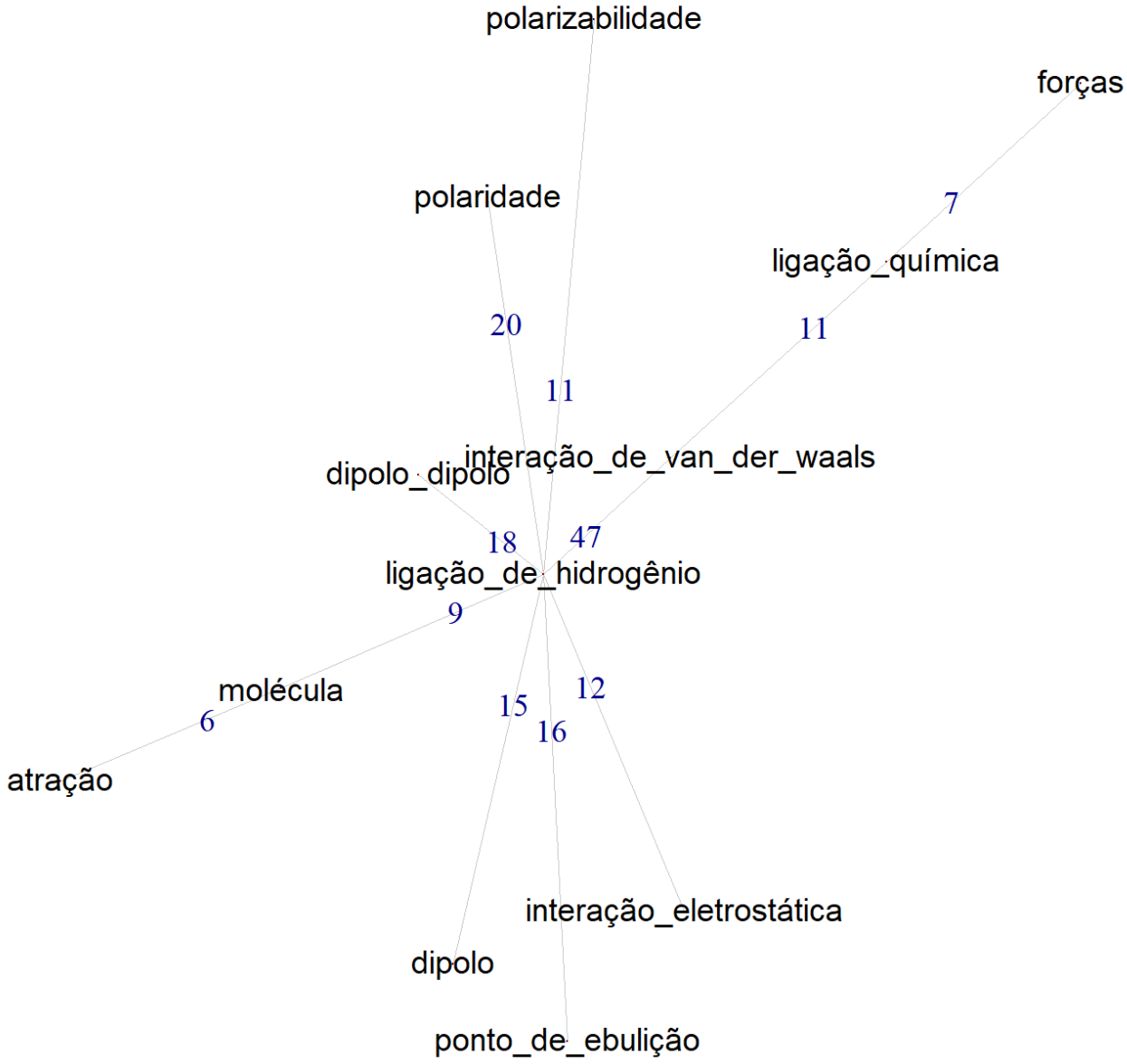
Fonte: Elaborado pela autora.

Para esse grupo o conceito de Ligação de Hidrogênio se destaca mais do que nas demais análises, além de possuir maior frequência é o mais prontamente lembrado dentre os conceitos presentes no corte. A variação da frequência também é notória, indo de 16 até 85 e a OME possui uma variação de 1,96 até 3,30. O segundo conceito mais evocado – interação de van der Waals - também possui uma alta frequência em relação aos demais (mais do que o dobro do conceito seguinte, Ligação Química).

5.1.4 Avançados – Análise de Similitude

Com a árvore de máxima similitude (Figura 11) nota-se a relevância do termo ligação de hidrogênio no centro conectado a oito conceitos: **Polaridade**, **Dipolo**, **Polarizabilidade**, **Ponto de Ebulição**, **Interação Eletrostática**, **Dipolo-dipolo**, **Molécula** e **Interação de van der Waals**. Os demais termos possuem duas ou apenas uma aresta.

Figura 11 – Árvore máxima de similitude – Corte 50% – Avançados (n = 145)

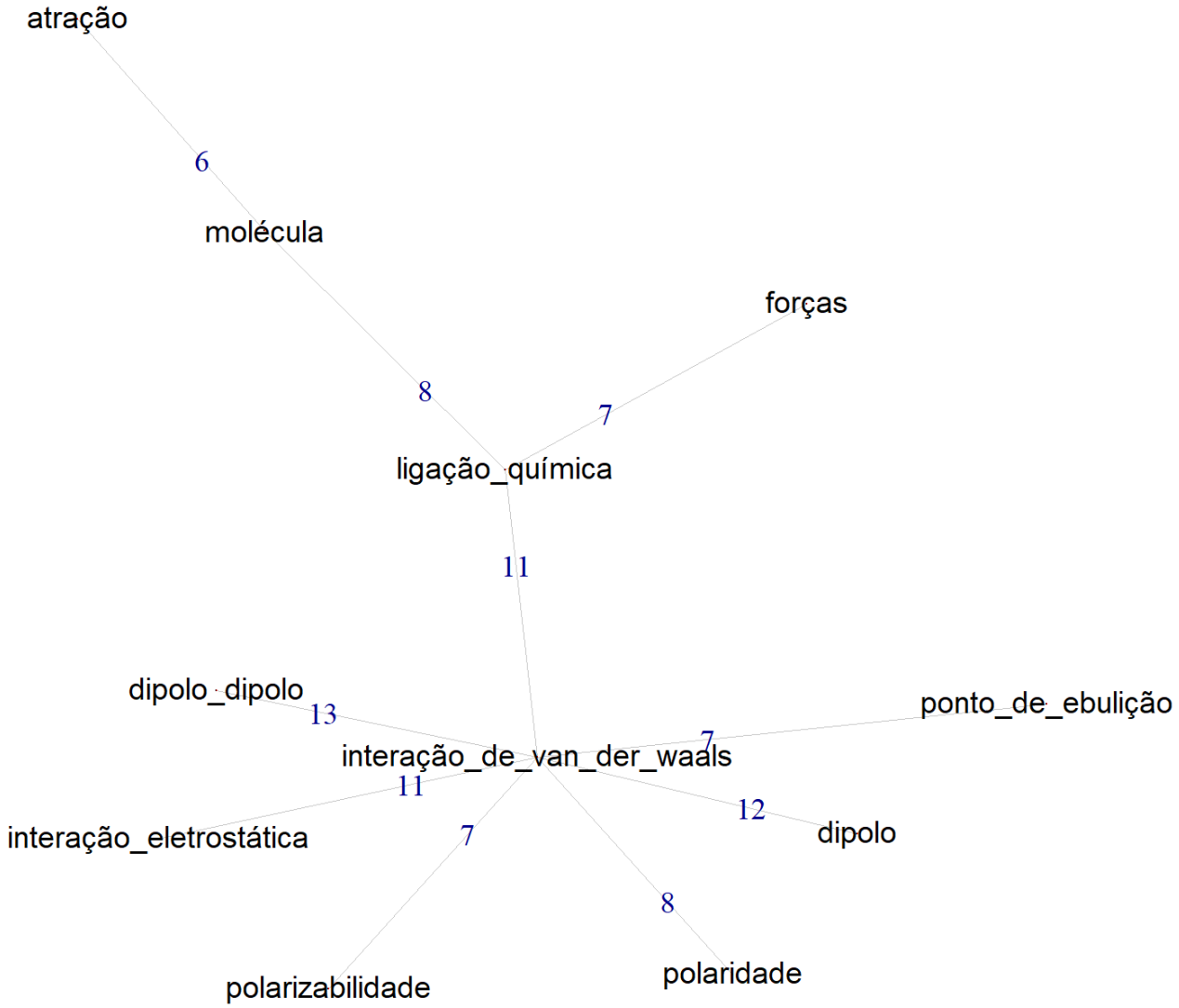


Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2. Formatação: Fruchterman Reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

No diagrama de Vergès quatro conceitos são candidatos ao NC, e pela árvore de máxima similitude o conceito **Ligação de Hidrogênio** é o conceito com mais arestas, seguido por **Molécula**, **Interação de van der Waals** e **Ligação Química**, cada um com apenas duas arestas. Retirando o conceito **Ligação de Hidrogênio**, (Figura 12), o termo **Interação de van der Waals** ocupa a centralidade com sete

arestas se ligando aos conceitos: **Ligação Química**, **Polaridade**, **Polarizabilidade**, **Interação Eletrostática**, **Dipolo-dipolo**, **Ponto de Ebulição** e **Dipolo**. E outro nó aparece com o termo **Ligação química**, com três arestas ligado diretamente aos conceitos: **Molécula**, **Forças** e **Interação de van der Waals**. Com exceção dos nós e do termo **Molécula** (com duas arestas), os demais termos possuem apenas uma aresta.

Figura 12 – Árvore máxima de similitude – Corte 50% (Com o conceito "ligação de hidrogênio" retirado) – Avançados (n = 145)



Fonte: Gráfico produzido via IRAMUTEQ 0.7 alpha 2. Formatação: Fruchterman Reingold; Escore: Cooccurrence; Tipo de gráfico: Statique.

Com a análise dos dados de frequência, OME, somatório de coocorrência e número de arestas, o conceito dipolo foi transferido para a 1ª periferia, e o NC para o grupo avançado conta com três termos: **Ligação de Hidrogênio**, **Interação de van der Waals** e **Ligação Química**. O Quadro 20 mostra a divisão atualizada para esse grupo.

Quadro 20 – Conceitos mais importantes pela análise prototípica juntamente com a Árvore Máxima de Similitude – Avançados (n = 145)

Diagrama de Vergès	TERMOS	Saliência		Similitude			
				Com Ligação de Hidrogênio		Sem Ligação de Hidrogênio	
		f	OME	∑co	Ar	∑co	Ar
NC	Ligação de Hidrogênio	85	1,96	148	8	-	-
	Interação de van der Waals	66	2,41	58	2	69	7
	Ligação química	30	2,07	18	2	26	3
1ªP	Polaridade	28	2,93	20	1	8	1
	Dipolo	25	2,68	15	1	12	1
	Molécula	23	3,17	15	2	14	2
	Ponto de Ebulição	23	3,30	16	1	7	1
ZC	Forças	20	2,50	7	1	7	1
	Interação eletrostática	19	2,47	12	1	11	1
2ªP	Atração	17	2,71	6	1	6	1
	Dipolo-dipolo	20	3,20	18	1	13	1
	Polarizabilidade	16	3,19	11	1	7	1

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2 Discussão dos resultados – Estudo II (Ingressantes e Avançados)

Com os dados das duas análises podemos comparar os dois grupos, NC do grupo Ingressante comporta dois conceitos: **Ligação de Hidrogênio** e **Molécula** e o NC para o grupo Avançado conta com três termos: **Ligação de Hidrogênio**, **Interação de van der Waals** e **Ligação Química**. Para observaras mudanças de posição dos conceitos, nos dois momentos foi construído o gráfico bidimensional comparando frequência x OME (Figura 13) e Número de arestas x Somatório de coocorrências (Figura 14).

O gráfico foi plotado com o intuito de sinalizar o ganho ou perda de relevância dos conceitos entre as duas análises. Com os valores de frequência e OME foram feitos dois cálculos para elaborar o gráfico:

- No eixo y: f (Avançados) – f (Ingressantes) e
- No eixo x: OME (Avançados) – OME (Ingressantes).

No primeiro gráfico[24] encontramos quatro conjuntos destacados na Figura 13, e quatro termos aparecem mais afastados dos demais. Em relação a frequência, nos quadrantes superiores estão os conceitos aumentaram a quantidade de evocações do termo, e nos quadrantes inferiores diminuíram. Sobre a OME, nos quadrantes localizados à esquerda, estão os conceitos que foram mais prontamente evocados (diminuíram o valor de OME), e nos quadrantes da direita os que foram menos prontamente evocados (aumentaram o valor de OME). Os conceitos no quadrante superior esquerdo ganharam relevância (Aumento na frequência e na prontidão da lembrança) e são eles: **Ligação de Hidrogênio** (ING: f = 58; OME = 2,48; AVA: f = 85; OME = 1,96); **Ponto de ebulição** (ING: f = 4; OME=3,50 ; AVA: f= 23; OME = 3,30); **Atração** (ING: f = 6; OME= 3,0 ; AVA: f = 17 ; OME = 2,70); **Ligação Química** (ING: f = 21; OME = 2,14; AVA: f = 30 ; OME = 2,00); **Forças** (ING: f = 17; OME= 3,47 ; AVA: f = 20 ; OME = 2,50) **Elétrons** aparece quase tocando o centro do gráfico (ING: f = 11; OME = 3,36; AVA: f = 12 ; OME = 3,33); com o destaque para **Interação de van der Waals** que aumentou consideravelmente a sua frequência (ING: f = 17; OME = 2,94; AVA: f = 66 ; OME = 2,4).

No quadrante superior direito encontram-se um agrupamento com três termos que foram mais frequentes, porém diminuíram a prontidão da lembrança: **Dipolo** (ING: f = 8; OME = 2,3; AVA: f = 25; OME =2,68); **Polaridade** (ING: f = 22; OME = 2,68; AVA: f = 28; OME = 2,9); **Estrutura Molecular** (ING: f = 10; OME = 3,40; AVA: f = 13; OME = 3,46); e dois conceitos afastados: **Interação Eletrostática** (ING: f = 1; OME = 1,00; AVA: f = 19; OME = 2,47); e **Polarizabilidade** (ING: f = 0; OME = 0 ; AVA: f = 16; OME = 3,18).

[24] Os dados de frequência nesse caso foram normalizados (divididos pelo número total de alunos), para que a comparação seja correta.

No quadrante inferior direito estão: **Dipolo-dipolo** (ING: f = 21; OME = 2,71; AVA: f = 20; OME = 3,2); **Molécula** (ING: f = 27; OME = 2,15; AVA: f = 23; OME = 3,17); **Átomos** (ING: f = 18; OME = 2,89; AVA: f = 3; OME = 3,00). E por fim no quadrante inferior esquerdo se encontram os conceitos que diminuíram a frequência e aumentaram a prontidão na evocação: **Reações Químicas** (ING: f = 10; OME = 3,60; AVA: f = 4; OME = 3,25); e **Forças de London** (ING: f = 28; OME = 3,46; AVA: f = 12; OME = 2,67).

Na segunda análise realizada foi comparado o somatório de coocorrência (∑ Co) e de número de arestas (nºA):

- No eixo y: Σ Co avançados – Σ Co ingressantes e
- No eixo x: nºA avançados – nºA ingressantes.

Para o segundo gráfico[25] que envolve o Número de Arestas x o Somatório de coocorrências pode-se perceber quatro grupos e dois conceitos em destaque. Neste gráfico, nos quadrantes superiores estão os conceitos que aumentaram a quantidade de coocorrências do termo, e nos quadrantes inferiores, aqueles que diminuíram. Nos quadrantes localizados à esquerda estão os conceitos que possuem menos arestas e nos quadrantes da direita os que aumentaram o número de arestas. Deste modo, os conceitos no quadrante superior direito indicam um ganho de importância, enquanto os termos no quadrante inferior esquerdo perderam relevância.

No quadrante superior tocando o eixo y, aumentaram o somatório de coocorrência, mas a quantidade de arestas continuam iguais são eles: **Ligação de Hidrogênio** (ING: Ar = 26 ; ∑Co = 152; AVA: Ar = 26; ∑Co = 237); **Dipolo** (ING: Ar = 3; ∑Co = 8; AVA: Ar = 3; ∑Co = 24); **Dipolo-dipolo** (ING: Ar = 4; ∑Co = 23; AVA: Ar = 4; ∑Co = 26); e no quadrante superior direito aumentando ∑Co e a quantidade de arestas encontram-se: **Ponto de ebulição** (ING: Ar = 1; ∑Co = 4; AVA: f = 5; ∑Co = 26); **Atração** (ING: Ar = 1; ∑Co = 1 ; AVA: Ar = 5 ; ∑Co = 18); **Polarizabilidade** (ING: Ar = 0; ∑Co = 0 ; AVA: Ar = 4; ∑Co = 14); **Interação Eletrostática** (ING: Ar = 1; ∑Co = 1; AVA: Ar = 2; ∑Co = 13); **Polaridade** (ING: Ar = 3; ∑Co = 22; AVA: Ar =

[25] Foram utilizados os dados da árvore máxima de similitude total, por apresentar todos os dados necessários nessa comparação.

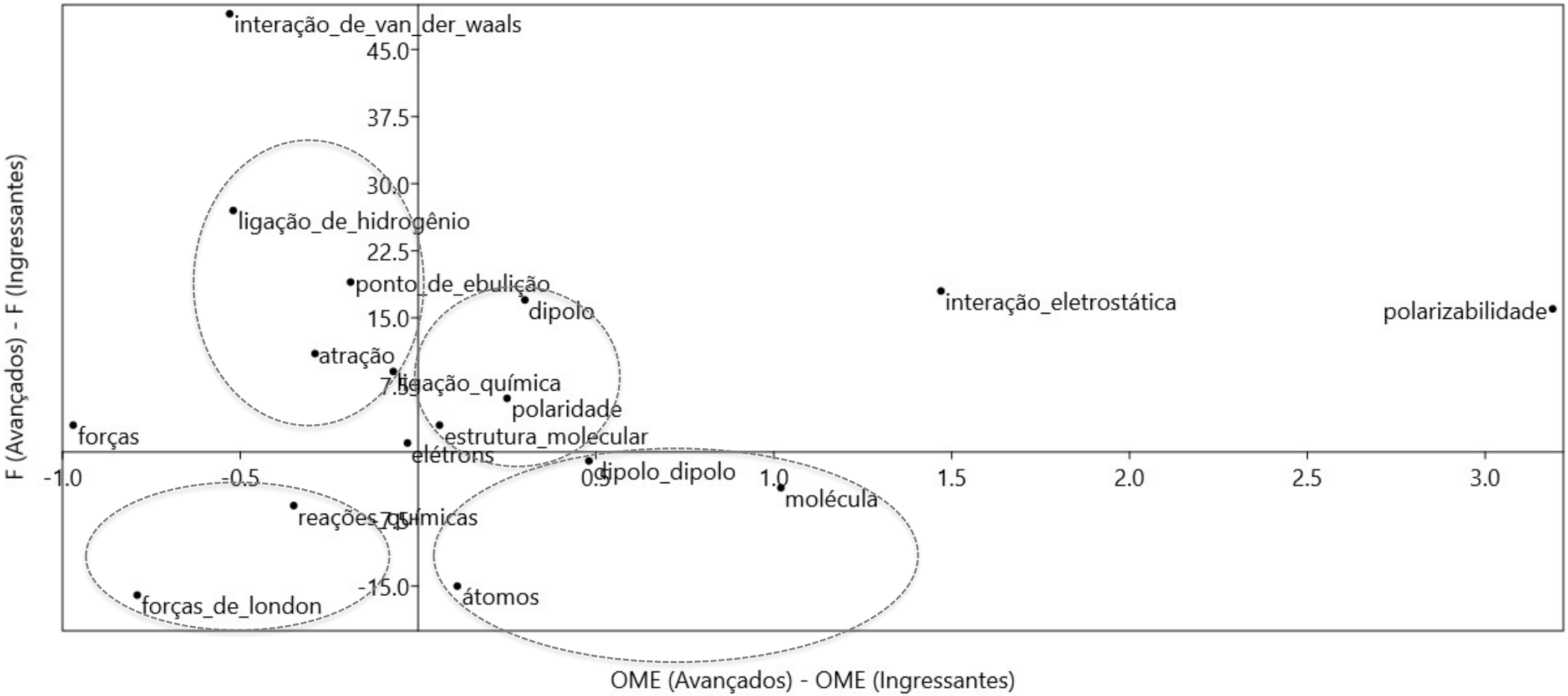
4; ∑Co = 26); e em maior destaque: **Interação de van der Waals** (ING: Ar = 4; ∑Co = 18; AVA: Ar = 19 ; ∑Co = 88).

No quadrante superior esquerdo aumentando a ∑Co e diminuindo as arestas contém somente o termo: **Ligação Química** (ING: Ar = 7; ∑Co = 19; AVA: Ar = 6; ∑Co = 29). No quadrante inferior esquerdo diminuindo ∑Co e arestas: **Reações Químicas** (ING: Ar = 3; ∑Co = 7; AVA: Ar = 1; ∑Co = 2); **Molécula** (ING: Ar = 12; ∑Co = 49; AVA: Ar = 6; ∑Co = 23); **Átomos** (ING: Ar = 6; ∑Co = 30; AVA: Ar = 2; ∑CO = 4). **Forças de London** (ING: Ar = 6; ∑Co = 41; AVA: Ar = 1; ∑Co = 10). No eixo y, apenas diminuindo ∑Co: **Estrutura Molecular** (ING: Ar = 2; ∑Co = 7; AVA: Ar = 2; ∑Co = 6). E no quadrante inferior direito aumentando arestas e diminuindo ∑Co: **Elétrons** (ING: Ar = 2; ∑CO = 11; AVA: Ar = 3; ∑Co = 7); **Forças** (ING: Ar = 3; ∑Co = 14; AVA: Ar = 5; ∑Co = 11).

Com os dois gráficos é possível inferir que os conceitos **Interação de van der Waals**, **Ponto de Ebulição**, **Atração** e **Polarizabilidade** aumentaram a conectividade, ganhando relevância para o grupo, assim como foram mais prontamente lembrados e numericamente evocados em maior quantidade. Já os conceitos **Molécula**, **Átomos**, **Forças de London**, **Reações Químicas** perderam relevância, sendo menos prontamente lembrados e fazendo menos conexões com os demais conceitos.

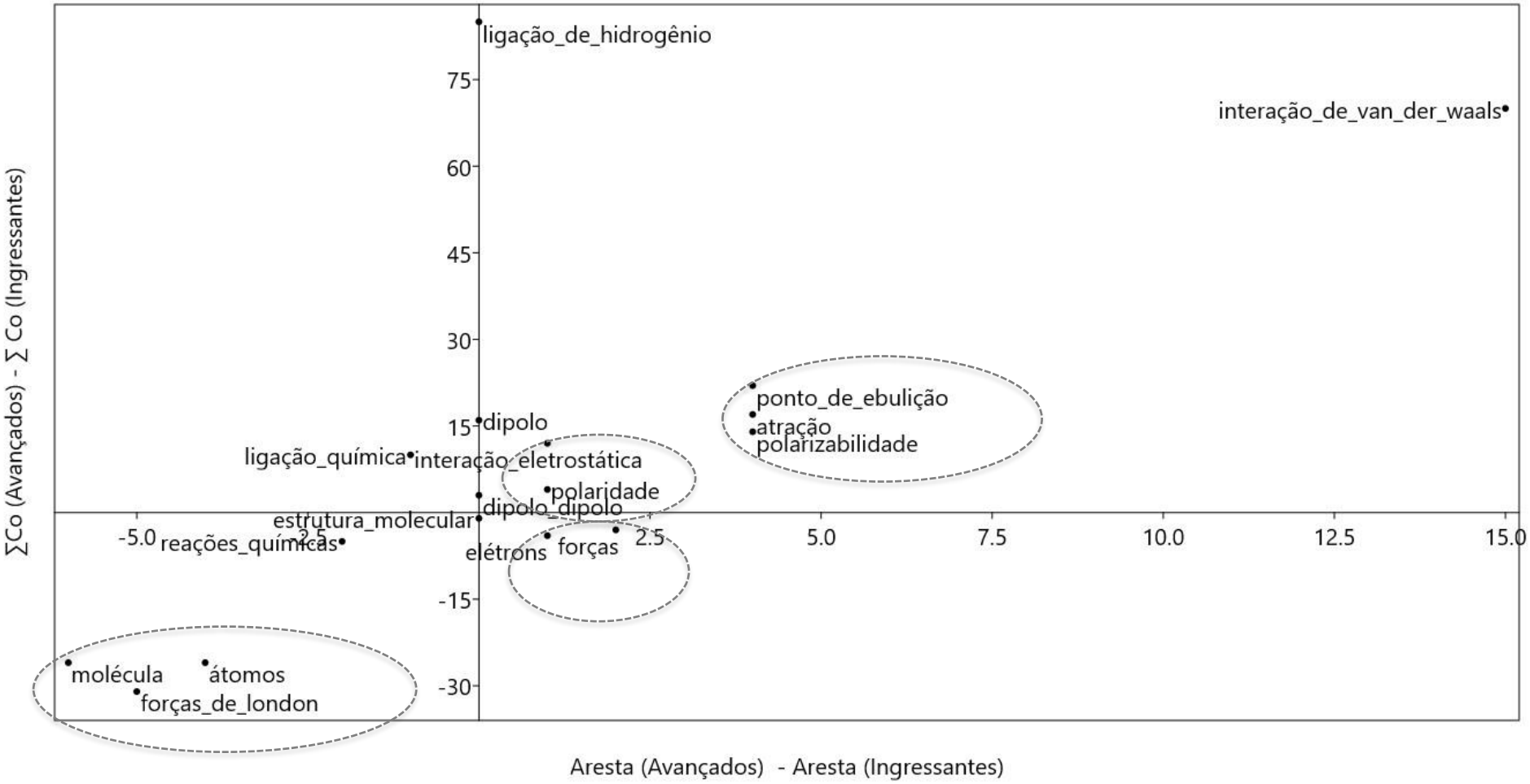
Aqui cabe uma ressalva no gráfico (f x OME), o conceito polarizabilidade não obteve nenhuma evocação no grupo ingressante e como a conta é feita relacionando os dois dados desta forma $OME_{(Avançados)} – OME_{(Ingressantes)}$, o valor ficou positivo, e no caso, o crescimento na ordem média indica que o conceito foi evocado mais tardiamente.

Figura 13 – Comparação das evocações – Ingressantes e Avançados (f e OME)



Fonte: Elaborado pela autora. Obtido via: PAST (PAleontological STatistics Version 3.20).

Figura 14 – Comparação das evocações – Ingressantes e Avançados (Aresta e ∑Co)



Fonte: Elaborado pela autora. Obtido via: PAST (PAleontological STatistics Version 3.20).

5.2.1 Categorização e análise qualitativa das evocações

Para cada um dos conceitos evocados pelos dois grupos foi realizada uma leitura criteriosa de todas as justificativas (Questão 3) e os textos (Questão 4) produzidos por cada aluno, posteriormente as respostas foram categorizadas nas quatro categorias já descritas na metodologia.

As categorias e seus respectivos conceitos foram: *Tipo de interação* (Composta pelos conceitos: **Ligação de hidrogênio**, **Dipolo-dipolo**, **Forças de London** e **Interação de van der Waals**); *Propriedade Molecular* (Composta pelos conceitos: **Molécula**, **Polaridade**, **Estrutura Molecular**, **Dipolo**, **Interação eletrostática**, **Atração e Polarizabilidade**); *Conceitos Básicos* (Composta pelos conceitos: **Ligação química**, **Átomos**, **Forças**, **Elétrons** e **Reações Químicas**) e *Propriedade Macroscópica* (Composta pelo conceito: **Ponto de ebulição**). Os conceitos e suas classificações, posição no diagrama de Vergès e frequência foram colocados em um quadro comparativo (Quadro 21).

Quadro 21 – Comparação entre as evocações – pré e pós-ensino

Categoria do termo	Ingressantes	Avançados
Tipo de Interação	Dipolo-dipolo (1ªP, 21) Ligação de hidrogênio (NC, 58) Interação de van der Waals (2ª P, 17) Forças de London (1ª P, 28)	Dipolo-dipolo (2ª P, 20) Ligação de hidrogênio (NC, 85) Interação de van der Waals (NC, 66) Forças de London (--, 12)
Propriedade molecular	Molécula (NC, 27) Polaridade (1ª P, 22) Estrutura molecular (2ª P, 10) Dipolo (--, 8) Interação eletrostática (--, 1) Atração (--, 6) Polarizabilidade (--, 0)	Molécula (1ª P, 23) Polaridade (1ª P, 28) Estrutura molecular (--, 13) Dipolo (1ª P, 25) Interação eletrostática (2ª P, 19) Atração (2ª P, 17) Polarizabilidade (2ª P, 16)
Conceito básico	Forças (2ª P, 17) Ligação química (1ªP 21) Reações químicas (2ª P, 10) Átomos (ZC, 18) Elétrons (2ª P, 11)	Forças (ZC, 20) Ligação química (NC, 30) Reações químicas (--, 4) Átomos (--, 3) Elétrons (--, 12)
Propriedade macroscópica	Ponto de ebulição (--, 4)	Ponto de ebulição (1ª P, 23)

Fonte: Elaborado pela autora. A evocação é seguida da posição no diagrama de Vergès (NC = Núcleo Central, 1ªP = 1ª Periferia, ZC = Zona de contraste e 2ªP = 2ª Periferia) e

o valor da frequência. Os conceitos grifados tiveram frequência menor do que a frequência de corte acumulada em 50%, dessa forma, só foram mostrados a sua referida frequência.

Com o Quadro 21 é possível de forma geral, perceber mudanças nos tipos de conceitos mais lembrados, a categoria *propriedade molecular* ganha relevância, contando com mais conceitos elencados após o corte, em contrapartida os conceitos classificados como básicos perdem relevância, pois diminui a frequência de citação total desta categoria. Com o intuito de contribuir com a análise comparativa dos grupos, foram elaboradas categorias dos tipos de justificativas para cada conceito. A comparação está dividida em quadros, nas colunas se encontram o tipo de justificativa, seguido de exemplos pertencentes ao grupo ingressante e ao grupo avançado. Cada quadro contém a quantidade total de respostas seguida da porcentagem de cada categoria de justificativas.

As categorias das justificativas não são excludentes, deste modo, determinadas respostas se encaixaram em mais de uma das listadas. Entretanto, mesmo com as justificativas e frases referentes à evocação, em alguns casos não foi possível realizar a categorização, ora porque as respostas foram vagas ou deixadas em branco, ora o respondente justificou de uma forma muito singular fugindo da pergunta. Assim, podem acontecer casos em que o somatório de respostas de determinada categoria é maior ou menor do que o total de respostas citado no quadro. A seguir, cada conceito e suas categorias foram apresentadas para ambos os grupos (ingressantes e avançados, respectivamente).

A) Tipos de interação – Os conceitos inseridos nessa categoria são: Ligação de hidrogênio, Dipolo-dipolo, Forças de London e Interação de van der Waals.

a.1) Ligação de Hidrogênio

Quadro 22 – Ligação de hidrogênio

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 58 alunos (57%)	**Avançados 85 alunos (59%)**
Intensidade da força	*21 respostas (36%[26])* ING2018_18: "Faz parte de uma interação intermolecular de caráter muito forte". ING2018_36: "A ligação de hidrogênio é uma das principais interações intermoleculares".	*22 respostas (26%)* AVA2018_6: "É uma força intermolecular específica que concede características diferentes aos compostos que a possuem, por ser mais intensa". AVA2018_54: "Ligação de hidrogênio pois é a força intermolecular mais forte e que mais aparece no dia a dia de um químico".
Tipo de interação	*29 respostas (50%)* ING2018_19: "É um dos tipos de ligações intermoleculares". ING2018_44: "Um tipo de ligação (interação) intermolecular".	*66 respostas (78%)* AVA2018_59: "A ligação de hidrogênio é um tipo de força intermolecular". AVA2018_3: "Tipo de interação intermolecular".
Água e bioquímica	*12 respostas (21%)* ING2018_56: "As ligações de hidrogênio definem as forças intermoleculares da água". ING2018_75: "Presente em uma grande quantidade de proteínas, biomoléculas e entre diversas substâncias".	*26 respostas (31%)* AVA2018_50: "Ligação de hidrogênio - Muitos solventes, em especial a água, realizam ligações de hidrogênio e são responsáveis por grande parte de sua capacidade de atração". AVA2018_50: "A ligação de hidrogênio foi classificada como a mais importante por ser responsável por diversos fenômenos conhecidos como tensão superficial da água, estrutura do nosso DNA, entre outros".

Fonte: Elaborado pela autora.

[26] Porcentagem do total de alunos que evocaram o conceito.

Para ambos os grupos as justificativas apresentam de forma geral em três tipos:

i) Intensidade da força – A resposta evidencia que a ligação de hidrogênio é uma interação muito forte e consequentemente é altamente relevante para o estudo do tema;

ii) Tipo de interação – A resposta é justificada pela ligação de hidrogênio ser um tipo de interação intermolecular; além disto, alguns indicam que é uma interação muito estudada e muito importante devido a ênfase que é dada;

iii) Água e bioquímica – A resposta refere-se à água como um exemplo da interação de hidrogênio e/ou a resposta evidencia a importância da ligação de hidrogênio devido a sua presença no DNA e outras biomoléculas.

Grande parte do grupo dos ingressantes aponta que o conceito **ligação de hidrogênio** é um tipo de interação intermolecular de caráter forte, mostrando uma provável aprendizagem classificatória do tema. Algumas respostas trazem referências a sua importância se referindo que é a interação mais estudada além de trazer exemplos como a água e biomoléculas.

Nos avançados uma parte significativa justifica que ligação de hidrogênio é um tipo de interação intermolecular de caráter forte, indicando que a provável aprendizagem classificatória do tema prevalece. Porém nota-se principalmente nas frases, uma maior articulação relacionando outros conceitos, como polaridade, eletronegatividade, propriedades físico-químicas, biomoléculas e exemplos corretos. Exemplos:

> A polaridade e as diferenças de polaridade são a razão intrínseca das interações intermoleculares. Exemplos disso são as forças de van der Waals, interações hidrofóbicas e ligações de hidrogênio, as quais provém da polaridade da molécula e, assim nos permitem prever se a molécula é hidrofílica ou hidrofóbica e estimar grosseiramente seu ponto de fusão e ebulição. (AVA2018_20)

> A estrutura de biomoléculas são mantidas por interações intermoleculares que garantem seu funcionamento no organismo. Proteínas são enoveladas devido às forças eletrostáticas, forças de London, interações dipolo-dipolo, ligações de hidrogênio e interações de van der Waals. (AVA2018_28)

> Forças intermoleculares dependem se a molécula possui dipolo ou não. Para isso, precisa saber a polaridade das ligações e consequentemente a eletronegatividade dos átomos envolvidos. Normalmente essas forças são fracas comparadas as outras interações químicas, sendo a ligação de hidrogênio a mais forte delas. (AVA2018_54).

Apesar das três categorias se repetirem em ambos os grupos, as porcentagens de repostas se alteram. Percentualmente a categoria intensidade da força diminui de 36% para 26%, já as categorias tipo de interação e água e bioquímica aumentaram respectivamente de 50% para 78% e 21% para 31%. Os alunos deixaram de evidenciar nas respostas a intensidade da força da ligação de hidrogênio, o que é um sinal de que a forma classificatória perdeu o destaque e somado a isso existe um aumento de repostas abordando exemplos corretos envolvendo água e biomoléculas. Em contrapartida a categoria tipo de interação aumentou significativamente, podendo ser um indicador que a classificação ainda é bem presente na fala dos estudantes.

a.2) Dipolo-dipolo

Quadro 23 – Dipolo-dipolo

Categoria da justificativa	**Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo**	
	Ingressantes 21 alunos (21%)	**Avançados 20 alunos (14%)**
Tipo de interação	*12 respostas (57%)* ING2018_76: "É um tipo de interação mais comum entre as moléculas." ING2018_39: “Tipo de interação que ocorre em moléculas mais polares.”	*16 respostas (80%)* AVA2018_64: "É da mesma natureza que a primeira *(ligação de hidrogênio)*, porém envolve não só moléculas que contenham as ligações N-H, O-H, mas sim de todas as espécies polares existentes." AVA2018_49: “Interação intermolecular presente entre moléculas polares.”
Intensidade da força	*7 respostas (33%)* ING2018_15: "Faz parte de uma interação intermolecular de caráter intermediário." ING2018_53: “O dipolo-dipolo ou dipolo permanente é a mais forte interação intermolecular que ocorre quando elementos que possuem eletronegatividade bem diferentes (não sendo H ao FON).”	*5 respostas (25%)* AVA2018_60: "É menos forte que a interação íon-dipolo, porém mais forte que dipolo-dipolo induzido, por isso a escolhi como a 4ª colocada." AVA2018_32: “Outro exemplo de interação recorrente e forte que acontece entre moléculas polares.”

Lembrança	*2 respostas (10%)* ING2018_75: "Interação estudada durante o ensino médio." ING2018_20: “Veio à mente.”	**-**

Fonte: Elaborado pela autora.

O grupo ingressante caracteriza o termo **dipolo-dipolo** como um tipo de interação intermolecular, parte dos respondentes relacionam intensidade de força e citam outras interações como comparativo. Logo, existem três tipos de respostas:

i) Tipo de interação – Identificam como um tipo de interação, classificação;

ii) Intensidade da força – Ressaltam a ordem de força da interação como uma das mais fortes comparada às demais;

iii) Lembrança – Lembram pelo nome ou por já ter estudado anteriormente em outro contexto.

Além disto, nesse grupo tem dois alunos que demonstraram uma possível confusão conceitual: ING2018_48, “Dipolo-Dipolo - Dipolo-dipolo, pois é um tipo de interação molecular entre moléculas *apolares*.” e ING2018_27, “Dipolo-dipolo - Interação fraca de moléculas apolares com H-H, lembrei por ter revisado na matéria no começo do ano.”. Como as justificativas não se aprofundaram, muito menos as frases, não é possível assegurar que existe confusão ou se foi simplesmente falta de atenção ao confundir com a palavra “polar”.

O grupo avançado é mais homogêneo em suas justificativas e apresenta apenas duas formas de explicitar suas respostas presentes nas duas primeiras categorias (tipo de interação e intensidade da força). Alguns alunos fazem relação com a polaridade, como o aluno AVA2018_19: “Um dos possíveis tipos de interação molecular que pode ocorrer entre as moléculas. Ocorre entre moléculas que são polarizadas.”. De um modo geral, é possível dizer que as frases são mais elaboradas, como é o caso do aluno AVA2018_49: “A polaridade das moléculas é definida pela diferença (ou não) de eletronegatividade dos átomos que a compõem e da geometria molecular. Moléculas polares formam dipolos permanentes e interagem entre si através de interações dipolo-dipolo […]”.

Para esse conceito apenas duas categorias são encontradas nos dois grupos. A categoria lembrança só aparece nos ingressantes em duas respostas bem específicas nas quais os alunos citaram o conceito apenas por ter lembrado do nome não representando um valor significativo. A categoria tipo de interação aumenta percentualmente de 57 para 80% e as comparações com intensidade da força diminuem de 33% para 25%.

a.3) Forças de London

Quadro 24 – Forças de London

Categoria da justificativa	**Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo**	
	Ingressantes 28 alunos (27%)	**Avançados 12 Alunos (8%)**
Tipo de interação	*17 respostas (61%)* ING2018_6: “Tipo de interação dipolo induzido, presente em moléculas apolares.” ING2018_11: “É uma força de atração intermolecular.”	*8 respostas (67%)* AVA2018_8: “As dispersões de London, em minha opinião, são outro tipo de interação intermolecular também muito abordado dentro desse assunto.” AVA2018_24: “Principal interação química entre substâncias.”
Intensidade da força	*7 respostas (25%)* ING2018_15: “Faz parte de uma interação intermolecular de caráter mais fraco que as outras.” ING2018_46: “A 4ª mais forte das ligações.”	*2 Respostas (7%)* AVA2015_50: “Forças de London são tipos de interações intermoleculares fracas […].” AVA2015_09 “As interações apolares, mais fracas, são causados por dipolos induzidos momentâneos, conhecidas como forças de London […]”
Lembrança	*2 Respostas (7%)* ING2018_29: “Como dito na 2 justificativa me lembro de dipolo induzido.” ING2018_23: “Lembro da apostila do cursinho.”	-
Universalidade	-	*2 respostas (17%)* AVA2018_24: “Principal interação química entre substâncias.” AVA2018_28: “Forças de London estão presentes em praticamente todas as interações intermoleculares.”

Fonte: Elaborado pela autora.

O grupo ingressante caracteriza o termo forças de London como um tipo de interação intermolecular; parte dos respondentes cita a intensidade da força, e poucos justificam pela lembrança do nome. Logo, existem três tipos de respostas:

i) Tipo de interação – Identificam como um tipo de interação, classificação;

ii) Lembrança – Lembram pelo nome ou por já ter estudado anteriormente em outro contexto;

iii) Intensidade da força – Ressaltam a ordem de força da interação como uma das mais fortes comparada às demais.

A maioria das respostas dos ingressantes apontam para o cunho classificatório de que o conceito “dipolo-induzido” é um tipo de interação intermolecular, a mais fraca de todas que ocorre entre moléculas apolares.

Apesar de ser um tipo de interação relevante, a quantidade de alunos que lembram do conceito diminui. No grupo avançado a categoria “lembrança” não aparece entre as respostas. Entretanto, um outro tipo de resposta que engloba o conceito de universalidade – força que é encontrada em todas as moléculas – aparece de forma sutil (17% das respostas), assim podemos inferir que a maioria pode não perceber a relação com a universalidade das forças de London. Uma pequena parcela do grupo dos avançados aponta que a força de London é uma interação fraca entre moléculas apolares. Ainda há uma confusão entre van der Waals e Forças de London, como na resposta do AVA2018_36: “Forças de London – Sinônimo para a 2ª (Forças de van der Waals), mas que foi muito utilizado por professores que me deram aula”.

Entretanto nesse grupo há uma maior habilidade em construir conexões com outros conceitos para explicar o termo.

> As forças intermoleculares dependem da carga ou da carga parcial decorrente de um dipolo permanente ou induzido na partícula. A dispersão de London continua ser mais fraca pois depende da formação de um dipolo. (AVA2018_73)

> As forças de London são casos mais específicos das interações de van der Waals, amplamente estudadas nos compostos orgânicos. (AVA2018_24).

Apenas duas categorias estão em ambos os grupos: tipo de interação não possui uma mudança significativa (aumenta de 61% para 67%) e intensidade da força diminuiu (de 25% para 17%).

a.4) Interação de van der Waals

Quadro 25 – Interação de van der Waals

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 17 alunos (17%)	**Avançados 65 Alunos (45%)**
Tipo de interação	*14 respostas (82%)* ING2018_4: “É o nome dado à uma das interações.” ING2018_38: “Essa expressão caracteriza os tipos de interações e, portanto, está relacionada ao tema.”	*50 respostas (77%)* AVA2018_41: “Importante força intermolecular.” AVA2018_13: “van der Waals é uma interação intermolecular também de extrema importância.”
Intensidade da força	*3 respostas (18%)* ING2018_55: “São as interações intermoleculares mais fracas.” ING2018_53: “As forças de Van der Waals são interações fracas e fáceis de desestabilizar, portanto considerei menos importante.”	*21 respostas (32%)* AVA2018_27: “São forças atrativas relativamente fracas, no entanto bastante presentes nos sistemas. Confere certa estabilidade ao meio, até que seja introduzido algo que "quebre" essa interação.” AVA2018_66: “Interações intermoleculares mais fracas, mas muito importante para moléculas orgânicas.”
Fenômeno	*2 respostas (12%)* ING2018_7: “Muito falada quando o mecanismo que a lagartixa usa para subir/andar pelas paredes é citado.” ING2018_75: “Interação presente entre moléculas interferindo em propriedades como T.E ou T.F.”	–
Lembrança	*5 respostas (29%)* ING2018_76: “É o nome do cientista que estudou algo relacionado ao tema.” ING2018_16: “Na verdade não me recordo bem o que é a força de Van der Waals embora já tenha estudado, e esse nome veio a cabeça pois tenho a impressão que seja relacionado com interações intermoleculares.”	*4 respostas (6%)* AVA2018_77: “Primeiro nome pensado diante desse tema.” AVA2018_78: “van der Waals - Químico-físico quem propôs as interações intermoleculares.”

Confusão com Forças de London	*1 resposta (6%)* ING2018_58: “As forças de Van der Waals são as interações moleculares e forças que ocorrem em moléculas apolares, que não podem ser excluídas.”	*17 respostas (26%)* AVA2018_32: “Van der Waals apenas outro nome utilizado para descrever as interações de dipolo induzido.” AVA2018_56: “Forças dominantes em todos os compostos apolares, ou regiões apolares de uma molécula.”

Fonte: Elaborado pela autora.

No grupo dos ingressantes a maioria justifica o conceito por ser um tipo de interação, e em menor quantidade, relacionam a intensidade da força, fenômenos, recordação do nome e confusão com forças de London. Logo, existem cinco tipos de respostas:

i) Tipo de interação – Identificam como um tipo de interação, classificação;

ii) Intensidade da força – Ressaltam a ordem de força da interação comparada às demais;

iii) Fenômeno – A resposta é justificada apresentando algum fenômeno ou exemplo diretamente relacionados com a interação de van der Waals;

iv) Lembrança – Lembrança pelo nome ou por já ter estudado anteriormente em outro contexto;

v) Confusão com Forças de London – As respostas apresentam alguns equívocos em que as interações de van der Waals são o mesmo que as forças de dipolo induzido.

Essa parcela contém citações interessantes, por exemplo, a confusão com forças dispersivas como na resposta: ING2018_58 (citada no quadro acima); referência à universalidade em ING2018_39, “Tipo de interação que ocorre em todas as moléculas.” e ING2018_67, “Atualmente englobam as interações intermoleculares no geral.”.

No grupo avançado existem respostas classificadas nas mesmas categorias, com exceção de uma: a categoria fenômeno. Pode-se destacar que a grande parte justifica pela classificação e pela intensidade da força, a qual aumenta sua frequência (18% para 32%) e pelo tipo de interação, que apesar de ter sido a maior parcela de respostas encontradas, percentualmente ocorreu uma queda na frequência de 82% para 77%. A categoria lembrança reduziu a

ocorrência de 29% para 6%. O que pode ser uma preocupação é a confusão com forças de London, poucos alunos ingressantes citam este conceito (17 evocações contra 65 dos avançados), e só uma justificativa traz a confusão entre as duas interações; a maioria justifica simplesmente lembrando que é um tipo de interação. Entretanto, a percentagem de avançados que fazem essa confusão é grande (6% ingressantes, 26% avançados), isso pode representar um problema conceitual. Além disto, grande parte classifica como interação e discute como um tipo específico de força e não um conjunto.

> The attractive or repulsive forces between molecular entities (or between groups within the same molecular entity) other than those due to bond formation or to the electrostatic interaction of ions or of ionic groups with one another or with neutral molecules. The term includes: dipole–dipole, dipole-induced dipole and London (instantaneous induced dipole-induced dipole) forces. The term is sometimes used loosely for the totality of nonspecific attractive or repulsive intermolecular forces. (IUPAC, 1997, p. 1588).[27]

Cabe salientar que somente foram contabilizadas as confusões que estavam explícitas, por exemplo: AVA2018_12, “É uma interação intermolecular fraca, porém sua contribuição é de grande importância nas substâncias apolares principalmente.”; AVA2018_15, “Forças de van der Waals também são interações intermoleculares presentes em compostos apolares.”; e AVA2018_25, “Van der Waals é um tipo de força intermolecular. Está em último pois é a mais fraca.”.

Mesmo estando no final do curso, outras confusões podem ser notadas como nas respostas: AVA2018_45, “Escolhi essa interação porque foi o nome que mais me marcou enquanto aprendia essa matéria, mas não me lembro qual característica essa interação tem.”; AVA2018_29, “Van der Waals é a expressão menos importante porque é possível entender sobre o tema sem saber este nome”. Este último respondente indica que não é necessário saber o nome para

[27] As forças atrativas ou repulsivas entre entidades moleculares (ou entre grupos dentro da mesma entidade molecular) além daquelas devidas à formação de ligações ou à interação eletrostática de íons ou de grupos iônicos entre si ou com moléculas neutras. O termo inclui: dipolo-dipolo, dipolo induzido por dipolo e forças de London (dipolo induzido por dipolo induzido instantâneo). O termo às vezes é usado livremente para a totalidade de forças intermoleculares atrativas ou repulsivas inespecíficas. (IUPAC, 1997, p. 1588).(Tradução nossa)

entender sobre o tema, porém sua frase (Questão 4) mostra que ainda comete erros conceituais: “Os estados físicos da matéria são gerados pela diferença de organização das moléculas. As interações de van der Waals são interações de dipolo induzido. Ligação de hidrogênio é um dos principais exemplos de van der Waals.”.

O livro utilizado em Físico-química (ATKINS, 2012), apresenta as interações de forma separada da interação de van der Waals, o que pode contribuir para que se crie uma percepção errônea. De fato, a ocorrência de vários nomes gera confusões, como pode-se observar nas respostas dos alunos, assim é necessário conceituá-los de forma clara.

B) Categoria propriedade molecular – Os conceitos inseridos nessa categoria são: Molécula, polaridade, estrutura molecular, dipolo, interação eletrostática, atração, polarizabilidade.

b.1) Molécula

Quadro 26 – Molécula

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 27 alunos (26%)	**Avançados 24 Alunos (16)**
Lembrança (Nome)	*11 respostas (41%)* ING2018_28: “O nome "intermolecular" me fez lembrar da palavra "moléculas" pelo fato de ambas serem formadas pelo mesmo radical.” ING2018_28: “Palavra escolhida pela associação com a palavra interação + intermoleculares.”	–
Interação	*17 respostas (63%)* ING2018_19: “As forças intermoleculares atuam entre moléculas.” ING2018_36: “A interação intermolecular envolve moléculas.”	*21 respostas (88%)* AVA2018_16: “As moléculas estão sujeitas a essas interações, portanto, também apresentam grande relevância.” AVA2018_22: “Por se tratar de interações entre moléculas.”

Fonte: Elaborado pela autora.

O conceito molécula foi dividido em duas categorias:

i) Lembrança – O nome interação intermolecular remete ao conceito "molécula"; e ii) Interação – A interação intermolecular ocorre entre moléculas.

Uma parcela das respostas dos ingressantes fazem uma relação entre o nome do termo indutor e a palavra molécula (41%), a grande maioria (63%) justifica sua resposta evidenciando que as interações intermoleculares ocorrem entre moléculas. Apenas uma resposta fez referência a intensidade da força: ING2018_12, “Moléculas podem ser diferenciadas por suas interações intermoleculares e a intensidade delas”.

As justificativas dos alunos avançados se apresentam de maneira uniforme sendo expressas em apenas uma categoria – interação (88%)[28] – e apontam que as interações envolvem moléculas com as forças de atração e repulsão sendo decorrentes das cargas. E essa interação influencia nas propriedades, exemplos:

> As moléculas interagem umas com as outras sem necessidade de formação de ligações, apenas por atração e repulsão. Essas interações são necessárias para a análise de solubilidade em diferentes solventes. (AVA2015_36)
>
> Existem várias interações intermoleculares, que podem ser causadas por dipolos nas moléculas, que passam a possuir uma carga parcial. Esse dipolo interage como dipolo de outra molécula, ou com moléculas carregadas, e quanto maior for a densidade de carga, mais forte será a interação. (AVA2015_10).

Assim é possível perceber uma boa articulação com os conceitos, assim como a do aluno AVA2018_39 que aponta que para entender as interações é preciso saber bem sobre moléculas: “Para o entendimento das interações é necessário primeiramente saber o fundamental sobre a definição do que são moléculas.”.

Sobre esse conceito é possível destacar que as justificativas dos avançados são homogêneas – somente uma categoria – e dos ingressantes dividem-se em duas categorias, em que 41% das mesmas foram só por lembrança ou associação simples.

[28] O restante das justificativas foi deixado em branco, ou não foi possível classificar, por ter saído do contexto.

b.2) Polaridade

Quadro 27 – Polaridade

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 22 alunos (21%)	**Avançados 28 Alunos (19%)**
Determina o tipo de interação	*16 respostas (73%)* ING2018_1: “Também relacionada com a ponte de hidrogênio, um indicante do tipo de interações a serem estabelecidas.” ING2018_56: “Polaridade é o critério principal nas definições nas diferentes forças intermoleculares.”	*15 respostas (54%)* AVA2018_31: “Polaridade é um dos fatores que definem o tipo de interação que interação que a molécula terá.” AVA2018_50: “Polaridade define quais interações uma molécula irá fazer.”
Intensidade da força	*1 resposta (5%)* ING2018_45: “Aprendi que a polaridade define se a interação intermolecular será forte ou fraca.”	*7 respostas (25%)* AVA2018_35: “É um fator determinante para entender as energias envolvidas e força dessas interações.” AVA2018_59: “A intensidade e o tipo de interação intermolecular estão relacionados com a polaridade da ligação química nas moléculas.”
Reações	*4 respostas (18%)* ING2018_65: “Polaridade escolhi devido à presença desse conceito ao falar de interações intermoleculares, já que a polaridade também define afinidade de reações.” ING2018_80: “Polaridade - Dependendo se uma molécula é polar ou apolar isso afeta diretamente as relações entre elas e entre outros compostos.”	–
Momento de dipolo	–	*3 respostas (11%)* AVA2018_3: “A polaridade de uma molécula está relacionada com os momentos de dipolo nela existentes e se associa aos tipos de interação que essa molécula terá em proximidade à outras.” AVA2018_54: “Polaridade pois dependendo da polaridade da ligação, o dipolo formado é diferente.”

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o conceito polaridade as justificativas foram divididas em três categorias:

i) Determina o tipo de interação – Polaridade é definida como um tipo de interação, ou as interações dependem da polaridade para acontecer;

ii) Intensidade da força – A intensidade da força é dada pela polaridade das moléculas;

iii) Reações – A polaridade pode interferir nas interações entre as moléculas e consequentemente nas reações químicas.

Os alunos ingressantes identificam que a polaridade é um conceito fundamental para o tema e a grande maioria (73%) cita textualmente que a polaridade da molécula define ou afeta o tipo de interação. Aqui cabe salientar alguns aspectos. Apenas uma resposta aponta que conhecendo o conceito entende-se o tipo de interação (ING2018_80); duas justificam recordando que o conceito estava muito presente no ensino médio. Segundo ING2018_70, “Treinava muito para identificar moléculas apolares ou polares”, e ING2018_43, “Meu professor falava que era de suma importância compreender polaridade para compreender interações intermoleculares.”.

Algumas respostas foram mais elaboradas. Um aluno apresenta que polaridade é a distribuição de cargas nas moléculas:

> A palavra polaridade remete a uma das mais abordadas questões sobre forças intermoleculares no ensino médio que é a distribuição de cargas nas moléculas e como isso se relaciona a propriedades das substâncias. (ING2018_13).

ING2018_1 relaciona também com ligação de hidrogênio: “Também relacionada com a ponte de hidrogênio, um indicante do tipo de interações a serem estabelecidas”. ING2018_65 diz que a polaridade define as reações químicas: “Polaridade escolhi devido à presença desse conceito ao falar de interações intermoleculares, já que a polaridade também define afinidade de reações”.

Dois alunos responderam que a interação define a polaridade – inverso dos demais: ING2018_83, “É a consequência gerada por cada tipo de ligação, dando uma característica à molécula (polar ou apolar).”; e ING2018_96, “A

palavra ‘polaridade’ foi escolhida porque quando existe uma interação intermolecular pode haver modificação da polaridade”.

As respostas dos alunos avançados foram definidas em três categorias: determina o tipo de interação que diminuiu a ocorrência (de 73% para 54%); intensidade da força que aumentou de 5% para 25%; e uma categoria diferente, que envolve momento de dipolo contando com 11% das ocorrências. (A polaridade está relacionada ao momento de dipolo existente na molécula e consequentemente influencia nas Interações intermoleculares). Esse grupo correlaciona as interações e conceito de polaridade devido à intensidade da força, sendo agregada a formação de momento dipolo no entendimento da interação intermolecular. As justificativas de ambos os grupos são parecidas no sentido de que a polaridade determina o tipo de interação, porém as justificativas dos alunos avançados são mais elaboradas.

b.3) Estrutura molecular

Quadro 28 – Estrutura molecular

Categoria da justificativa	**Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo**	
	Ingressantes 11 alunos (11%)	**Avançados 13 Alunos (9%)**
Geometria molecular	*5 respostas (45%)* ING2018_76: “A geometria de uma molécula é um importante fator determinante de como ocorre as interações intermoleculares.” ING2018_54: “A Geometria e formação molecular implica diretamente nas interações intermoleculares.”	*8 respostas (61%)* AVA2018_43: “A estrutura da molécula é determinante para as interações intermoleculares.” AVA2015_49: “(...) Interações por determinar geometria e propriedades também determinam funções para materiais.”
Rearranjo	*2 respostas (18%)* ING2018_51: “Eu escolhi a expressão "Mudança na estrutura das moléculas", porque durante a interação as moléculas sofrem mudança espacial e estrutural.” ING2018_98: “Ao pensar em interações intermoleculares acredito que há a formação de uma nova estrutura.”	–

Fonte: Elaborado pela autora.

Quatro tipos de evocações foram reunidos de acordo com os significados próximos: “geometria molecular” (5 evocações); “estrutura” (3 evocações); “estrutura das substâncias” (1 evocação); “mudança na estrutura das moléculas” (1 evocação), deste modo foram agrupadas no termo “estrutura molecular”.

As justificativas dos ingressantes foram divididas em duas categorias:

i) Geometria molecular – A geometria molecular influencia nas interações intermoleculares;

ii) Rearranjo – Há a formação de uma nova estrutura e as interações modificam a estrutura ou geometria.

No geral, as justificativas do primeiro grupo mostram que as interações dependem da geometria (45%), e apenas duas respostas (18%) se referem a uma mudança na estrutura de acordo com a interação. Nesse grupo há alguns tipos de respostas que merecem destaque: ING2018_96, "A palavra ‘geometria’ foi escolhida porque a depender das interações intermoleculares posso gerar uma molécula com diferente geometria". A geometria da molécula define a interação: ING2018_65, "A geometria espacial de uma molécula também é muito importante para que ocorra interação entre compostos diferentes.". E a estrutura define a propriedade macroscópica ou função: ING2018_97, “Estrutura determina a função da molécula, portanto tal é de grande importância para os estudos que abrangem a função e as interações das moléculas.”.

A interação pode afetar a estrutura molecular, esta afirmação está presente nas respostas dos ingressantes. Isto é verdadeiro principalmente para moléculas grandes que fazem interações entre a própria cadeia (proteínas e ácidos nucleicos são o exemplo clássico que deve estar na mente destes alunos, por estarem cursando Bioquímica no início do curso).

As respostas dos alunos avançados foram elencadas apenas na categoria “geometria molecular” e evidenciam que a estrutura molecular define as interações intermoleculares por influenciar na polaridade e interações, e apresentam-na de forma mais homogênea. A estrutura e as interações desencadeiam as propriedades das substâncias:

> A estrutura e composição das moléculas definem o caráter e intensidade das forças intermoleculares responsáveis pela manutenção de um determinado estado físico da matéria e pela solubilidade de uma determinada substância em outra. (AVA2018_8).

Nesse grupo há unanimidade nas definições sobre a estrutura molecular afetar as interações entre moléculas distintas.

b.4) Dipolo

Quadro 29 – Dipolo

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 8 alunos (8%)	**Avançados 25 alunos (17%)**
Momento de dipolo	*2 respostas (25%)* ING2018_31: “O momento dipolo é um dos fatores mais importantes em interações intermoleculares.” ING2018_1: “Base do conceito de polaridade, também nomeia a interação dipolo-dipolo.”	*17 respostas (68%)* AVA2018_73: "É o que origina as interações intermoleculares. Se o princípio de uma força é a atração eletrostática, deve-se ter, pelo menos, uma carga parcial (originada de um dipolo) para que a interação exista." AVA2018_53: “Dipolo foi a palavra mais importante dentre todas porque boa parte das interações intermoleculares acontece devido aos dipolos de suas moléculas.”
Tipo de interação	*6 respostas (75%)* ING2018_73: “É o nome que origina os tipos de interações.” ING2018_90: “Os tipos de ligação entre moléculas que são mais comuns.”	*3 respostas (12%)* AVA2018_33: "Acredito que haja maior importância em interações do tipo dipolo-dipolo e dipolo-dipolo induzido, pelo menos com as abordagens que já me foram apresentadas." AVA2018_48: “Interação também muito presente, um pouco menos que a anterior. (Ligação de hidrogênio).”

Fonte: Elaborado pela autora.

Como um tipo de interação, como é bastante citado, os alunos acabam lembrando deste termo com frequência. Entretanto, ficaram divididos em duas categorias:

i) Momento de dipolo – Formação do momento de dipolo na molécula origina as interações;

ii) Tipo de interação – São associados aos tipos de interação (dipolo-dipolo, dipolo-induzido...).

A grande maioria (75%) remete o conceito a um tipo de interação: ING2018_17, “Por conta das ligações (Dipolo-dipolo, dipolo-induzido)”; e apenas duas respostas mostradas no quadro acima mencionam o momento de dipolo.

O grupo dos alunos avançados também apresentaram o mesmo tipo de categorias e apontam que a presença do dipolo na molécula é imprescindível para ocorrer uma interação intermolecular. Há ainda menção das forças de van der Waals, London e ligações de hidrogênio. No entanto, a maioria das respostas (68%) faz referência ao momento de dipolo da molécula diferentemente do que para os alunos ingressantes (25%), a maioria aqui cita a palavra dipolo relacionando-a a momento de dipolo, uma propriedade molecular fundamental para o tema. A referência simples ao tipo de interação cai de 75% das justificativas dos ingressantes para 12% de ocorrência para os avançados. Esta inversão pode ser vista como um aspecto positivo.[29]

Se ainda somarmos as respostas que citam tanto o termo dipolo-dipolo como dipolo se referindo a um tipo de interação discutido no Quadro 23 apresentado anteriormente, temos 26 alunos ingressantes e 23 alunos avançados, o que equivale, respectivamente, a 26% e 16% do total de respondentes em cada grupo. Por outro lado, a referência à propriedade molecular momento de dipolo aumenta de 2 (2%) para 17 (12%).

[29] O tema interações intermoleculares apresenta muitos conceitos compostos e outros que são nomeados em mais de uma forma, como por exemplo, momento de dipolo, momento dipolar; interação tipo dipolo-dipolo ou interação dipolar; ou ainda, forças de London, interação dipolo induzido ou forças dispersivas, dois termos que se referem a um mesmo tipo de interação intermolecular. De maneira coloquial os químicos podem falar em dipolo se referindo tanto ao momento dipolar como a uma ligação química dipolar ou mesmo até tipo de interação dipolar. Percebe-se da análise das justificativas que isto foi frequente nas respostas dos alunos. Isto sem dúvida pode ser causa de confusão não só nas respostas dadas pelos alunos numa situação de investigação como de confusão no próprio processo de aprendizado.

b.5) Interação eletrostática

Quadro 30 – Interação eletrostática

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 1 aluno (1%)	**Avançados 19 alunos (13%)**
Tipo de interação	*1 resposta (100%)* Interação eletrostática – Interação eletrostática seria a interação entre as cargas do núcleo e a carga da nuvem eletrônica, determinando a intensidade da interação intermolecular.	*5 respostas (26%)* AVA2018_41: “Força bastante citada quando se trata do tema interações intermoleculares.” AVA2018_17: “Interação entre moléculas que possuem carga, vemos bastante em bioquímica, quando se fala de DNA e proteínas.”
Natureza eletrostática da interação	–	*12 respostas (63%)* AVA2018_37: “A química opera utilizando-se de seu linguajar próprio e representações características, usamos termos como "polaridade", mas, simplesmente, as atrações intermoleculares não passam de efeitos de interações elétricas entre cargas.” AVA2018_53: “Ao ler "interações", meu cérebro automaticamente completou com a palavra eletrostática, antes de pensar em "interações intermoleculares"”

Fonte: Elaborado pela autora.

No grupo dos ingressantes o conceito interação eletrostática só foi lembrado uma única vez, porém é importante salientar que o aluno possui uma boa percepção do conceito (Quadro 30). Sendo possível inferir que existe uma mudança, já que só os avançados reconhecem a natureza eletrostática da interação.

Para os avançados as respostas se dividiram em duas categorias:

i) Tipo de interação – Identificam as interações eletrostáticas como um tipo específico de interação;

ii) Natureza eletrostática da interação – Reconhecimento de que as interações intermoleculares são de natureza eletrostática. Conceito importante citado apenas por 12 alunos avançados (8% dos respondentes).

Nas respostas existe uma relação entre interações eletrostáticas e cargas para se formar uma interação intermolecular e consequentemente a formação de uma nuvem eletrônica. Exemplos citam a tensão superficial e o enovelamento de biomoléculas.

b.6) Atração

Quadro 31 – Atração

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 6 Alunos (4%)	**Avançados 19 Alunos (13%)**
Atração entre moléculas	*3 respostas (50%)* ING2018_33: “Para ocorrer uma interação entre moléculas elas devem se atrair.” ING2018_90: “As interações são fatores importantes na atração entre moléculas e formação de materiais.”	*19 respostas (100%)* AVA2018_33: “Atração também me vem à mente, mas acho que também existem outros tipos de força como repulsão eletrostática.” AVA2018_38: “Na imensa maioria dos casos estudados, as interações intermoleculares são responsáveis por atrair uma molécula à outra.”
Lembrança	*1 resposta (2%)* ING2018_102: “Algo que me recorda do apresentado no ensino médio.”	–

Fonte: Elaborado pela autora.

As respostas do grupo ingressante ficaram divididas em duas categorias:

i) Atração entre moléculas – A interação ocorre da atração entre as moléculas;

ii) Lembrança – Recordação do nome, ou de estudar esse conceito anteriormente.

Na maioria das respostas há uma ênfase no pensamento de que as interações são atrativas, ou seja, os alunos não consideram, ou aparentam não considerar, que existem interações repulsivas. Assim, atração é a ênfase do pensamento, como o exemplo do aluno ING2018_12: “As interações

intermoleculares consistem na atração que cada molécula tem pelas vizinhas em uma quantidade determinada de um composto.”.

As respostas dos alunos a seguir consideram que a origem das atrações está nos átomos: ING2018_12, “As interações intermoleculares consistem na atração que cada molécula tem pelas vizinhas em uma quantidade determinada de um composto”; ING2018_31, "Ocorre a atração dos elétrons através dos átomos de cada molécula."; e ING2018_33, "Atração – Para ocorrer uma interação entre moléculas elas devem se atrair.". Isto é uma indicação de uma certa causalidade linear das coisas, a propriedade dos átomos causa a ligação, interação e formação de moléculas. Tudo depende da causa inicial, a propriedade dos átomos. Os alunos parecem não perceber que a molécula é uma nova entidade particular, mais do que simplesmente a junção de átomos iniciais. Outra coisa interessante é que afirmam algo como: "os átomos atraem os elétrons dos outros átomos" (ING2018_31).

As respostas dos alunos avançados foram em apenas um sentido: Atração entre as moléculas – as interações dependem da atração entre as moléculas, representando 100% das ocorrências, contra 50% no grupo ingressante. A intensidade da força dessa atração determina o tipo de interação e consequentemente as propriedades físicas da substância. Nas justificativas aparece o binômio atração/repulsão. Há alguns textos que diferenciam um pouco mais, especificando que são de natureza eletrostática ou relacionando alguma propriedade molecular como responsável a estas interações.

> […] A natureza eletrostática das moléculas explica as interações entre elas". (AVA2018_74)
>
> As moléculas interagem umas com as outras sem necessidade de formação de ligações, apenas por atração e repulsão. Essas interações são necessárias para a análise de solubilidade em diferentes solventes. (AVA2015_36).

b.7) Polarizabilidade

Quadro 32 – Polarizabilidade

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 0	**Avançados 16 alunos (11%)**
Fator central que explica/ atua na interação	–	*7 respostas (44%)* AVA2018_67: “A polarizabilidade é um dos fatores mais importantes a serem considerados quando vamos avaliar interações intermoleculares entre espécies químicas, pois rege a maior parte das interações feitas (van der Waals)” AVA2018_13: “A polarizabilidade da molécula ajuda muitas vezes nas interações intermoleculares, principalmente quando se trata de moléculas apolares.”
Indução e dipolo		*6 respostas (37%)* AVA2018_46: “Algumas interações geram polarizações nas moléculas.” AVA2018_53 “As nuvens eletrônicas das moléculas são deformadas em razão da polarizabilidade, que pode induzir dipolos.”
Influência nas moléculas próximas		*1 Resposta (6%)* AVA2015_40: “As interações intermoleculares promovem atração/repulsão entre as moléculas que, consequentemente, geram uma influência nas moléculas próximas, como a polarizabilidade.” (Excerto da frase)

Fonte: Elaborado pela autora.

Os alunos ingressantes não evocaram o conceito polarizabilidade, o qual representa um termo essencial dentro do assunto de interações. Polaridade e polarizabilidade são dois conceitos centrais porque se referem a duas propriedades moleculares que definem as interações do tipo Van der Waals que a molécula pode apresentar.

> The ease of distortion of the electron cloud of a molecular entity by an electric field (such as that due to the proximity of a charged reagent). It is experimentally measured as the ratio of induced dipole moment (μind) to the field E which induces it:
>
> $$\alpha = \frac{\mu_{ind}}{E}$$
>
> (IUPAC 1997, p. 1143).[30]

[30] A facilidade de distorção da nuvem eletrônica de uma entidade molecular por um campo elétrico (como aquele devido à proximidade de um reagente carregado). É medido

Neste ponto se abre um questionamento: esse termo não é apresentado de maneira formal, ou os alunos não se apropriaram desse conceito? Neste trabalho não será possível responder essa pergunta, visto que as aulas não foram analisadas em conjunto.

As respostas do grupo avançado apresentaram três tipos de categorias:

i) Fator central que explica/ atua na interação – definido como razão central que atua nas interações;

ii) Indução e dipolo – a resposta salienta que existe a indução de dipolos;

iii) Influência nas moléculas próximas – a resposta indicou que a polarizabilidade influencia nas moléculas vizinhas.

Dentre as respostas foram notados alguns erros conceituais: o aluno AVA2018_64 classifica polarizabilidade como fenômeno (e não a indução de dipolo) e não propriedade: “Polarizabilidade – É o fenômeno envolvido na interação das moléculas, a característica que determina a natureza da espécie e sua afinidade para interagir mais com compostos polares ou apolares.”. E na resposta do aluno que confunde van der Waals com dispersão de London: “A união de átomos ou moléculas pode se dar por meio de interações eletrostáticas, ligações covalentes ou interações intermoleculares. Estas últimas podem ser do tipo de formas de van der Waals ou terem a indução de dipolos moleculares devido à polarizabilidade das nuvens eletrônicas.”.

Um conceito tão importante ser citado apenas por 11% dos alunos avançados e por nenhum dos alunos ingressantes, é indicativo de que precisa ser mais trabalhado tanto no ensino médio como no ensino superior.

C) Categoria conceitos básicos – os conceitos inseridos nessa categoria são: átomos, elétrons, forças, ligação química e reações químicas.

---

experimentalmente como a razão do momento de dipolo induzido (μind) para o campo E que o induz (Tradução nossa)

c.1) Átomos

Quadro 33 – Átomos

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 18 alunos (18%)	**Avançados 3 alunos (2%)**
Formação das moléculas	*12 respostas (67%)* ING2018_30: “Moléculas são compostas por átomos." ING2018_74: “Os átomos e suas combinações formam as moléculas.”	*3 respostas (100%)* AVA2015_51: “Com base nos orbitais nos átomos que compõem uma molécula é possível prever quais tipos de ligações químicas serão estabelecidas, o que está diretamente relacionado com as interações intermoleculares que determinam e justificam as propriedades físicas apresentadas pela substância em questão. AVA2015_57: “Primeiramente, para se ter uma interação intermolecular são necessários os átomos para formar determinada molécula. Neste processo, energia é envolvida quando há a formação de uma ligação química. Cada átomo possui uma nuvem eletrônica que pode ser polarizada para formar tal ligação e o raio atômico auxilia em determinar a eletronegatividade de um átomo, ou seja, sendo este mais eletronegativo ele irá atrair a nuvem eletrônica de outro átomo / molécula.” AVA2015_58: “Elétrons presentes nos átomos de determinadas moléculas, podem interagir considerando-se a densidade.”
Constituição da matéria	*6 respostas (33%)* ING2018_93: "Átomos - Átomo é a matéria e tudo o que conhecemos no mundo físico é constituído por eles." ING2018_66: “A mais importante, pois está presente em toda a matéria. Além disso, é a menor unidade em uma estrutura.”	

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o grupo dos ingressantes o conceito de "átomo" é definido por as moléculas serem formadas de átomos. Além disso, algumas justificativas apontam que o átomo está presente em toda a matéria, logo é importante conhecer e compreender sua estrutura e características. Assim, foram encontradas duas espécies de respostas:

i) Formação das moléculas – as moléculas são formadas por átomos e por isso são importantes para o tema;

ii) Constituição da matéria – os átomos constituem toda a matéria que existe.

Há alguns erros conceituais, como na resposta dos alunos: ING2018_87, “As moléculas são compostas por átomos, que podem caracterizar a reação.”; e ING2018_86, “Substância que constitui toda matéria.”, na qual o respondente chamou átomo de substância, o que mostra que os alunos precisam aprimorar os conceitos básicos.

Para o grupo de alunos avançados, somente três evocaram esse conceito, ficando elencado apenas na categoria “formação de moléculas”. Nas respostas o átomo está associado a formar as moléculas; a sua nuvem eletrônica e eletronegatividade são fatores importantes para entender a atração e interação entre as moléculas. Foi percebida também uma tendência a conceituar os átomos por serem "a menor partícula da matéria" e "constituir as moléculas". Uma molécula não deveria ser vista simplesmente como uma união de átomos individuais, polaridade e polarizabilidade são propriedades moleculares. (Pode-se falar de um átomo mais volumoso, mais polarizável, pode-se falar de um íon polarizável). Mas estes três alunos mantêm uma visão um tanto "linear" e simplista do papel dos átomos na molécula. Como se a propriedade de uma molécula fosse uma justaposição ou soma das propriedades dos átomos. É claro que as propriedades atômicas definem propriedades moleculares, mas o pensamento aqui parece muito simples para alunos ao final do curso de graduação.

c.2) Elétrons

Quadro 34 – Elétrons

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 12 alunos (11%)	**Avançados 12 Alunos (8%)**
Partícula	*8 respostas (67%)* ING2018_19: "É a partícula responsável por todas as interações químicas." ING2018_72: “Elétrons fazem parte dos átomos.”	*8 respostas (67%)* AVA2018_44: “Uma das composições do átomo, carregado negativamente.” AVA2018_80: “As cargas se formam devido a densidade eletrônica nas diferentes regiões de cada molécula.
Importância e/ou interação	*2 respostas (16%)* ING2018_50: “Os elétrons são de grande importância nas configurações de um átomo” ING2018_33: “Os elétrons que possibilitam interações entre as moléculas.”	*4 respostas (33%)* AVA2018_4: “De forma geral, as interações entre dois elementos têm a ver com a interação dos elétrons dos mesmos.” AVA2018_16: “Os elétrons são fundamentais para a existência de interações intermoleculares, portanto são as mais importantes.”

Fonte: Elaborado pela autora.

As respostas aqui foram divididas em duas categorias:

i) Partícula – partícula que compõe o átomo;

ii) Importância e/ou interação – são importantes pois compõe o átomo e permitem as interações acontecerem.

As justificativas do grupo ingressante atribuem aos elétrons (de certa forma) a origem das interações. As respostas mostram que os elétrons são partículas importantes por compor o átomo. São responsáveis pela formação da nuvem eletrônica, o que permite as interações entre as moléculas. Entretanto, uma pequena parcela de respostas aponta simplesmente que as interações dependem dos elétrons por serem responsáveis pela ligação entre as moléculas, como a resposta de ING2018_45: "Ligações entre átomos envolvem elétrons então entre moléculas não deve ser diferente.".

Nas respostas do grupo avançado, que possui as mesmas categorias, os elétrons são definidos como uma partícula (mantendo a mesma porcentagem,

67%); são essenciais e promotores das interações intermoleculares e influenciam as reações químicas (ocorrência que aumentou de 16% para 33%). Foi encontrada uma resposta que se apoia em conceitos de polarizabilidade, mesmo sendo pouco, é considerável, visto a pequena parcela analisada: "Interações intermoleculares são explicadas em termos de polarizabilidade, isto é capacidade de deformar a camada de elétrons da molécula […]" (AVA2018_83). Nesse grupo aparecem também conceitos como densidade eletrônica: "As cargas se formam devido a densidade eletrônica nas diferentes regiões de cada molécula." (AVA2018_80); e elétrons compartilhados em ligações de hidrogênio, "Elétrons livres da molécula permitem que ela faça ligações de hidrogênio com a água." (AVA2015_35).

Foi encontrado um erro conceitual, em que o aluno AVA2018_44 afirma que uma interação intermolecular envolve quebra de ligações: “Interações intermoleculares, se refere a formação ou quebra de ligações, ganho ou perda de elétrons. Envolve a molaridade dos reagentes e a estequiometria das reações um exemplo são as reações entre ácidos e bases”.

> As interações intermoleculares estão relacionadas com as afinidades, seu comportamento em geral, de cada molécula. Assim como sua polaridade, que tem sua influência determinada pelos átomos que atraem e/ou repelem os elétrons da molécula toda, influenciando nas reações químicas. (AVA2015_48).

c.3) Forças

Quadro 35 – Forças

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 17 alunos (17%)	**Avançados 20 Alunos (14%)**
Tipos distintos de força	*11 Respostas (65%)* ING2018_47: “Pois as interações envolvem forças e as interações intermoleculares também.” ING2018_30: “Interações intermoleculares podem depender da força dos átomos envolvidos.”	*13 Respostas (65%)* AVA2018_10: “Como se dão origem as interações. ” AVA2018_72: “Ao se estudar o tema é sempre comparado a outros "tipos" de ligações e suas forças. ”
Intensidade	*6 Respostas (35%)* ING2018_ 100: “Ao se ter o tipo de relação intermolecular, entende-se mais facilmente a intensidade dela.” ING2018_89: “Fraca - Ligações intermoleculares são mais fracas que intramoleculares.”	*8 Respostas (40%)* AVA2018_68: “Diferentes interações intermoleculares têm forças diferentes e devem ser levadas em consideração.” AVA2018_71: “Associada à ideia de ligação há a quantificação/mensuração da força desta ligação, como uma propriedade química prioritária.”

Fonte: Elaborado pela autora.

As categorias das respostas dos alunos ingressantes sobre o conceito forças foram divididas em duas:

i) Tipos distintos de força – Forças entre as moléculas são denominadas interações intermoleculares ou Tipo de interação, como força de van der Waals e força de London;

ii) Intensidade – Intensidade da força, forte ou fraca.

As respostas apontam que as interações são forças e que a sua intensidade influencia no tipo de interação – força e interação são praticamente sinônimas nestas citações. Foi utilizado como conceito indutor "interações intermoleculares", mas poderia ter sido usado "forças de interação intermoleculares". Fica subentendido que os alunos seguem esta lógica associando força principalmente aos diferentes valores de energia envolvidos em cada tipo de interação "intensidade daquela força ou interação".

No grupo avançado, o qual possui justificativas associadas às duas categorias, as respostas trazem a intensidade da força de algumas interações, além de evidenciar que as interações dependem das forças existentes entre as moléculas. Não apresentam mudanças muito significativas na categoria tipos distintos de força, a qual permanece com a mesma porcentagem, e intensidade cresce de forma sutil (passando de 35% para 40%).

As respostas trazem a intensidade da força de algumas interações, nomeando algumas interações, além de evidenciar que elas dependem das forças existentes entre as moléculas. O conceito é relacionado em alguns casos com a geometria:

> As moléculas interagem devido a forças de atração ou repulsão. Essas interações são de diferentes intensidades, dependendo da geometria da molécula, do tipo de átomos envolvidos, o que determina diferentes graus de polaridades. As interações entre as moléculas explicam os diferentes estados de agregação da matéria. (AVA2018_74).

c.4) Ligação química

Quadro 36 – Ligação química

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 21 alunos (20%)	**Avançados 30 alunos (21%)**
Interação sendo um tipo de ligação	*5 respostas (24%)* ING2018_21: “Uma forma de interação pode ser uma ligação.” ING2018_44: “As interações ocorrem por meio de ligações de vários tipos.”	*13 respostas (43%)* AVA2018_42: “Ligação - Uma interação química pode se estabelecer sob forma de uma ligação química.” AVA2018_78: “Como as interações intermoleculares se dão.”
Recordam do termo	*5 respostas (24%)* ING2018_29: “O termo interação me remete a ligação, não que uma coisa seja necessariamente a outra, mas me faz recordar.” ING2018_91: “Ao ver a palavra "Interação", penso em ligação.”	*2 respostas (7%)* AVA2018_9: “ligações - Enquanto estudante de química, pensar na formação/quebra de ligações foi muito presente em diversos momentos do curso.” AVA2018_71: “Ligação química - Vem com um sinônimo ao termo interação, com todas as ligações e interações que podem ocorrer intra e intermolecularmente.”

Referência à ligação de hidrogênio	*1 resposta (5%)* ING2018_47: “Referência à uma das forças intermoleculares (Ligação de hidrogênio) e que as ligações intramoleculares influenciam nas interações intermoleculares.”	*7 respostas (23%)* AVA2018_61: “As interações intermoleculares podem ser vistas como ligações não covalentes, como através da ligação de hidrogênio. É a interação que libera energia.” AVA2018_11: “As interações intermoleculares são responsáveis pela aproximação das moléculas formando uma "ligação" dinâmica entre elas. Ligação de hidrogênio é uma das mais fortes.”

Fonte: Elaborado pela autora.

As respostas dos ingressantes foram divididas em três categorias:

i) Interação sendo um tipo de ligação – as Interações Intermoleculares são ligações entre moléculas;

ii) Recordam do termo – lembrança do nome por já ter estudo sobre o assunto;

iii) Referência à ligação de hidrogênio – o nome interação intermolecular faz referência a ligação de hidrogênio.

As justificativas dos ingressantes relacionam a interação como um tipo de ligação, como nas respostas dos alunos: “Há quebras ou formações de ligações durante as transformações nas interações intermoleculares.” (ING2018_61); “A interação entre moléculas pode ocorrer através de ligações entre elas” (ING2018_33); e “Pois o termo interação remete à formação de novas moléculas e, portanto, a ligação entre ambas” (ING2018_40). Esses exemplos podem indicar que os estudantes estão confundindo uma interação intermolecular com uma ligação intramolecular. Trabalhos como de Cooper et al. (2015) e Wedvik (1998) apontaram que muitos estudantes não conseguem distinguir as diferenças entre os dois conceitos. Uma pequena parcela apenas lembra do termo por uma questão de semelhança interação e ligação, ou de fazer referência ao nome. Um aluno faz referência à ligação de hidrogênio, como aparece explicitamente na sua justificativa (Quadro 36).

Um fato que chamou a atenção é que no grupo ingressante esse conceito foi mais prontamente evocado do que ligação de hidrogênio. Pelos tipos de

justificativas encontradas é possível inferir que o nome “interação intermolecular” pode contribuir para que os estudantes façam mais prontamente a relação com ligação química, por associação ou em alguns casos uma confusão entre intramolecular e intermolecular como já mostrado.

As respostas do grupo avançado foram divididas nas mesmas categorias. A primeira que se refere à interação como um tipo de ligação aumenta significativamente (de 24 para 43%), o que mostra que a ideia de interação ser como uma ligação se intensificou. Os alunos que fazem menção apenas ao nome diminuem de 24% para 7%, e as respostas que fazem referência à ligação de hidrogênio aumentaram de 5% para 23%.

c.5) Reações químicas

Quadro 37 – Reações químicas

Categoria da justificativa	**Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo**	
	Ingressantes 10 alunos (7%)	**Avançados 4 alunos (3%)**
Formação de novos compostos	*3 respostas (30%)* ING2018_40: “Construção de substâncias", pois interação entre moléculas remete a reações químicas e, deste modo, a novos produtos.” ING2018_85: “Processo para a formação de novas moléculas.” ING2018_98: “Reação por haver mudanças.”	–
Ligação ou interação química	*5 respostas (50%)* ING2018_82: “Por acontecerem quando há interações.” ING2018_87: “A interação pode ser uma reação.”	*1 respostas (25%)* AVA2018_43: “Reações são dadas pela formação de produtos dependendo de como são feitas as interações intermoleculares.”
Reatividade	–	*3 respostas (75%)* AVA2018_75: “Reações - As ligações químicas e interações intermoleculares explicam a forma como as moléculas reagem.” AVA2015_54 “Forças intermoleculares são responsáveis por exemplo pela viscosidade de um fluido, essas forças também podem aumentar ou diminuir a reatividade de um composto.”

Fonte: Elaborado pela autora.

Este termo tem uma frequência relativamente baixa e ficou no corte para o grupo dos ingressantes. As respostas foram divididas em duas categorias:

i) Formação de novos compostos – as reações químicas formam novos compostos;

ii) Ligação ou interação química – uma reação acontece pela interação entre átomos e /ou moléculas.

Para essa parcela, uma interação intermolecular pode influenciar uma reação química, ou que uma reação é uma interação entre moléculas. Estes alunos não definem bem o que é uma reação química e acreditam que qualquer interação leva a uma alteração de composição ou substância.

Para os alunos avançados, a quantidade de evocações é bem pequena (quatro ocorrências), uma evocação faz alusão à ligação ou interação química e as três restantes compõe uma nova categoria: reatividade – as interações influenciam a reatividade das reações químicas –, na qual indicam que as interações intermoleculares podem afetar a reatividade de um composto.

D) Categoria propriedade macroscópica – o conceito inserido nessa categoria: ponto de ebulição.

d.1) Ponto de ebulição

Quadro 38 – Ponto de ebulição

Categoria da justificativa	Quantidade de alunos que evocaram o termo em cada grupo	
	Ingressantes 4 alunos (4%)	**Avançados 22 alunos (15%)**
Propriedade físico-química/ Aplicação	*4 Respostas (100%)* ING2018_32: "Aspecto de uma substância, que é influenciado pelas interações intermoleculares." ING2018_41: "Uma ideia associada às propriedades coligativas."	*6 respostas (28%)* AVA2018_15: "O ponto de ebulição de uma substância depende da energia necessária para romper suas interações intermoleculares no estado líquido." AVA2018_20: "Aplicação direta das interações, importante por ser a interação intermolecular na prática."
Intensidade da força	*1 resposta (25%)* ING2018_67: "É diretamente influenciado pela intensidade da interação: quanto maior a força intermolecular, maior o P.E."	*9 respostas (41%)* AVA2018_79: "Efeito, fenômeno decorrente da magnitude das interações intermoleculares." AVA2018_82: "Substâncias capazes de realizar interações intermoleculares apresentam, em geral, maior ponto de ebulição."

Fonte: Elaborado pela autora.

O termo ponto de ebulição foi pouco citado pelos alunos ingressantes, e suas justificativas ficaram divididas em duas categorias:

i) Propriedade físico-química/ Aplicação – aplicação do conceito ou explicação que é a temperatura necessária para se passar do estado líquido para o gasoso;

ii) Intensidade da força – a intensidade da força da interação define o ponto de ebulição do composto.

As respostas apontaram que as propriedades físico-químicas podem ser alteradas de acordo com o tipo de interação intermolecular. O ponto de ebulição foi relacionado a uma "consequência" da interação intermolecular, na qual quanto mais forte a interação, maior o PE (uma resposta, mostrada no Quadro 38). Foi comparada a volatilidade, que também é influenciada pelas interações

(uma resposta): “Aspecto de uma substância, que é influenciado pelas interações intermoleculares." (ING2018_32).

Já para os alunos avançados as respostas em sua maioria indicam que quanto maior a intensidade da interação maior será o ponto de ebulição da substância, e essa ocorrência aumenta de 25% para 41%, assim como também há uma influência em outras propriedades como volatilidade, solubilidade e ponto de fusão. O ponto de fusão e ebulição é uma aplicação direta ou consequência das interações intermoleculares. Uma hipótese para o aumento da frequência desse conceito é de que esse exemplo talvez seja muito falado e por isso os estudantes acabem lembrando muito desta aplicação.

Apresentado todas as categorias das justificativas, é possível fazer alguns apontamentos sobre cada categoria dos conceitos. Na primeira categoria discutida, “tipo de interação”, há quatro conceitos (dentro do corte de 50% de frequência acumulada) nos ingressantes, e para o grupo avançado, a quantidade cai para três, pois o termo **Forças de London** não entra no corte realizado. Percentualmente não existe uma variação significativa da quantidade de termos lembrados, uma vez que os ingressantes possuem uma frequência total dos termos presentes nesta categoria igual a 124 (24% das evocações totais) e os avançados contam com uma frequência de 183 (25% das evocações totais). Diante disso, é possível inferir que os conceitos que se referem aos tipos de interação continuam apresentando relevância para o grupo. Somado a isso, o conceito de **ligação de hidrogênio** permanece no NC em ambos os grupos, e o conceito de **interação de van der Waals**, que antes estava localizado na 2ª periferia, passa para o NC no grupo dos avançados.

Existe uma tendência observada nos grupos: as justificativas que apresentam de forma direta a classificação em “tipo de interação” aumentaram a quantidade de ocorrências. Na categoria “intensidade da força” é possível perceber o movimento contrário, esse tipo de justificativa diminui dos ingressantes para os avançados. O único conceito que não segue essa tendência é **Forças de London**, onde as ocorrências aumentaram na categoria “intensidade das forças” e na categoria “tipo de interação” diminuem. A sua baixa frequência pode ter contribuído para essa diferença, dentre os demais termos. Esses fatos corroboram para indicar que o ensino privilegia a classificação, de

maneira que os conceitos que envolvem o tipo de interação e as justificativas simplistas permanecem relevantes, e respostas que envolvem fenômenos e/ou exemplos não têm aumento expressivo nas justificativas.

Sobre a categoria “propriedade molecular”, a qual compreende conceitos ligados diretamente ao tema, pode-se dizer que percentualmente existe um aumento de 14% das evocações totais dos ingressantes para 19% dos avançados. No primeiro grupo, apenas três conceitos estão dentro do corte, contra seis no grupo avançado. Esse é um ponto importante, visto que esses conceitos são essenciais, e com o passar do tempo no curso ganharam relevância e consequentemente marcaram a lembrança dos estudantes.

A categoria “conceitos básicos”, a qual engloba os termos ligados de forma menos direta ao tema, perderam relevância, passando de 15% das evocações totais nos ingressantes para 9% dos avançados. O grupo ingressante possui cinco conceitos dentro do corte nessa categoria contra apenas dois no grupo avançado.

E por fim a categoria “propriedade macroscópica”, a qual não possui nenhum conceito no grupo ingressante que se encontra dento do corte e apenas um conceito no grupo avançado. Essa representa uma categoria de conceitos importantes por constituírem aplicações relacionadas com o tema, e pode-se destacar que os conceitos elencados nessa categoria só apareceram no grupo pós ensino (Estudo I) e no grupo avançado (Estudo II), sinalizando que o ensino contribuiu para que esses termos ganhassem relevância para o grupo.

CAPÍTULO 6 – Conclusões

Para que o processo de aprendizagem aconteça diversos fatores são necessários: material didático coerente, aulas bem-preparadas, dedicação do aluno e do professor. Avaliar tudo isso em uma dissertação é, portanto, inexequível. Neste trabalho realizamos um estudo baseado somente na evocação livre de palavras a partir do tema de ensino, interações intermoleculares, o que não permite, obviamente, uma análise profunda sobre o aprendizado do tema. No entanto, permite identificar quais os conceitos que de imediato, e consequentemente, estão mais prontamente presentes na memória dos alunos quando estes se defrontam com o tema. Entretanto, nossa tese é de que isto pode servir como um indicador inicial do conhecimento compartilhado e expresso pelos alunos.

O objetivo geral deste trabalho consistiu em estudar, através da TNC, o núcleo central e o sistema periférico das RS sobre o tema Interações Intermoleculares dos alunos de Graduação em Química do Instituto de Química da USP e avaliar se há mudança da estrutura da RS sobre o tema no decorrer do curso. A análise foi realizada por meio de comparações das respostas dos questionários semiestruturados em momentos distintos do curso. Partiu-se do pressuposto que esse estudo representa apenas uma pequena parcela de alunos, os quais representam o grupo social escolhido. Conclui-se que as RS sobre o termo indutor “interações intermoleculares” dos grupos analisados são diferentes e a mudança da RS pode indicar aprendizado adquirido no período investigado.

A primeira pergunta que esse trabalho procurou responder foi: O referencial teórico-metodológico da TNC pode ser aplicado para investigar a compreensão de conceitos científicos no ensino de ciências? Podemos concluir que sim, foi possível utilizar o referencial teórico-metodológico da TNC para investigar a compreensão de conceitos científicos. Para isso foi necessário utilizar a metodologia já difundida nessa linha de pesquisa, como a análise de similitude e saliência, além dos gráficos bidimensionais propostos nesse trabalho.

Ainda sobre a primeira pergunta, foi possível também utilizar a TNC para comparar grupos em níveis distintos de estudos. Os resultados apontam que o núcleo se mantém com os conceitos diretamente ligados ao tema; que a periferia

contou com conceitos em parte relevantes e outros não ligados diretamente ao tema; e que com o avanço no curso os conceitos mais abrangentes perderam força. A análise é mais rica quando se pede aos alunos que justifiquem suas lembranças, uma vez que a análise destas respostas dos diferentes grupos estudados mostrou que podem ter diferentes interpretações para o mesmo conceito, além de melhorias na forma como se expressam e estabelecem conexões entre os conceitos. A análise bidimensional permitiu ver com mais clareza grupos de conceitos que sofrem alterações comuns, quer seja na OME, na Frequência ou nos parâmetros de conectividade.

Nossa segunda questão era: A abordagem permite identificar diferenças entre alunos em momentos distintos do curso, de maneira a refletir alterações provadas pelo processo de ensino? Pode-se dizer que a abordagem permitiu de forma satisfatória identificar as diferenças e semelhanças entre alunos em momentos distintos do curso e discutir as alterações provadas pelo processo de ensino. As justificativas e os gráficos bidimensionais propostos nesse trabalho foram tentativas de olhar para os dados de forma mais completa. Com esses gráficos foi possível observar os grupos de conceitos que tiveram relevância e sofreram modificações significativas.

O trabalho foi dividido em duas partes. Na primeira análise (Estudo I) os alunos ingressantes no curso responderam ao questionário, e após oito meses, o fizeram novamente. O NC obtido antes do ensino do tema era formado por **Ligação de Hidrogênio**, **Molécula** e **Dipolo-dipolo**; posteriormente, o NC passou a ser formado por **Ligação de Hidrogênio** e **Polaridade**. Através desse confronto foi possível perceber uma mudança dos valores de frequências e de coocorrência entre os diferentes conceitos; a alteração do tamanho do NC e presença de diferentes termos presentes no NC; e a variação dos termos citados e redução no total de evocações distintas em cada momento de resposta, o que indica a homogeneização das evocações, representando uma mudança significativa no período analisado.

A categoria “tipo de interação” constitui a maior parte de ambas as representações (pré e pós-ensino), isso vai ao encontro das hipóteses iniciais, nas quais se apontou que, principalmente na etapa do Ensino Médio, o ensino prioriza em geral a classificação. Os conceitos que envolvem propriedades

moleculares são mais evocados na parcela pós-ensino, além de possuírem menos evocações genéricas, tais quais na etapa de alunos pré-ensino: seis alunos evocaram o conceito **reações químicas**, enquanto no pós-ensino apenas um aluno evocou esse termo.

Outro conceito importante no estudo do tema decorre da condição de citação para o termo “interação eletrostática”, citado apenas uma vez no grupo do pré-ensino e oito vezes no grupo pós-ensino, mais uma vez indicando que existe um possível aprimoramento da RS desse grupo. Ademais, no grupo pós-ensino dois alunos evocaram o conceito **polarizabilidade**, que não havia aparecido anteriormente.

Todos esses pontos corroboram a favor da hipótese da mudança causada pelo ensino, o que era esperado, pois o ensino cumpre um papel de uniformizar a linguagem e organizar os conceitos. E a aprendizagem de conceitos se faz necessária para que se consiga explicar os fenômenos e seus desdobramentos; um conceito, portanto, confere significado, explica e pode apontar os resultados dos fatos observados (POZO; CRESPO, 2009).

Na segunda análise discutida (Estudo II), para o grupo ingressante o NC foi composto por **Ligação de Hidrogênio** e **Molécula**, e para o grupo avançado o NC foi composto por **Ligação de Hidrogênio**, **Interação de van der Waals** e **Ligação Química**. Logo, existem diferenças nítidas no NC, e apenas um dos termos permanece constante no centro das RS. Por meio das árvores de similitude máxima foi possível sinalizar outras diferenças além do NC: sem o conceito central (Ligação de Hidrogênio), o termo “molécula” assume a posição central no grupo ingressante; já no grupo avançado o termo “interação de van der Waals” ganha centralidade. Embora o termo “molécula” tenha sido classificado na categoria propriedade molecular e “interação de van der Waals” na categoria tipo de interação, é claro que molécula é um conceito muito mais geral e menos específico que o último. Isto indica, mais uma vez, que o grupo de alunos com mais tempo no curso de graduação, e consequentemente mais expostos a este conteúdo do ensino de Química, apresentam no núcleo conceitos mais específicos e pertinentes ao tema indutor. Ainda sobre o termo molécula, pode-se perceber que ele perde relevância para o grupo, indo do NC (Ingressantes) para a 1ª periferia (Avançados). Na árvore sua conexão se faz

com três conceitos categorizados como tipo de interação, e dois conceitos básicos no grupo ingressante, para o grupo avançado o termo se conecta com apenas dois conceitos categorizados como tipo de interação e propriedade molecular.

Já o conceito **ligação química** também pertencente ao NC obtido para os alunos avançados. Apesar de ser um conceito amplo, guarda uma certa proximidade com as interações intermoleculares. A análise das justificativas mostrou que os ingressantes, quando citaram o termo, o faziam por simples lembrança, por existir alguma proximidade da palavra ou por confusão entre ligação intramolecular e intermolecular. No geral, os avançados citavam a interação do tipo ligação de hidrogênio como um tipo de ligação entre moléculas.

Para o termo “ligação de hidrogênio”, o único que se manteve no NC, além das análises das justificativas apresentadas no capítulo de resultados sinalizaram que existem diferenças no significado do conceito para os grupos, é possível observar suas conexões nas árvores de máxima similitude. Ao compararmos as duas árvores (Figuras 9 e 11), o termo “ligação de hidrogênio” se conecta a diferentes conceitos: no grupo ingressante, conecta-se a estrutura molecular, forças de London e forças; já no avançado, a ponto de ebulição, polarizabilidade, dipolo e interação eletrostática. Apenas quatro conceitos (dipolo-dipolo, molécula, polaridade, interação de van der Waals) ligam-se de forma direta ao termo central nos dois casos.

O conceito **ligação de hidrogênio** possui relevância para ambos os grupos analisados, permanecendo no NC, o que indica ser central na representação dos alunos sobre o tema. Além das mudanças já destacadas, nota-se uma evolução nas justificativas dos alunos avançados, mesmo que ainda prevaleça a classificação como tipo de interação e destaque para a intensidade da força. Julgando apenas os conceitos que se diferem, no grupo ingressante os termos ligados ao conceito **ligação de hidrogênio** encontram-se nas categorias “tipo de interação”, “conceito básico” e “propriedade molecular”; já para o grupo avançado, há três conceitos ligados ao termo central pertencentes à categoria “propriedade molecular” e um à “propriedade macroscópica”. Isto posto, pode-se concluir que para estes dois grupos o termo tem significado diverso. Para a parcela de avançados o conceito **ligação de**

hidrogênio passa a se ligar a termos que possuem mais relevância para o tema, o que indica um aprimoramento da aprendizagem do conceito.

As modificações realizadas, que são comuns nesse tipo de análise – justificar a evocação, escrita de um texto com as evocações e análise bidimensional –proporcionaram uma melhor visão dos significados dos termos e possibilitaram a realização de uma comparação entre os diferentes grupos. Com as justificativas e textos foi possível construir quadros comparativos e a classificação das justificativas. Essas etapas foram muito importantes para que fosse possível compreender a tendência do grupo e estabelecer comparações entre os tipos de respostas encontradas. Após as análises realizadas nesse trabalho, recomendamos, em estudos de aprendizagem de conceitos, seguir o caminho metodológico apresentado para aprimorar as comparações entre grupos de diferentes alunos e também perceber as diferenças de significados dos conceitos em pesquisas que envolvem ensino-aprendizagem. As análises bidimensionais foram visualmente importantes, pois foi possível observar de forma clara os aglomerados de conceitos, a tendência das mudanças, além da perda e ganho de relevância dos conceitos nos grupos.

Cabe ainda ressaltar que os tipos de ligação foram considerados importantes para os grupos, ficando em segundo plano, mesmo para o grupo avançado, os conceitos relacionados a **estrutura molecular** (ingressantes, f = 10 e avançados, f = 13), **polaridade** (ingressantes, f = 22 e avançados, f = 28), **dipolo** (ingressantes, f = 8 e avançados, f = 25), **polarizabilidade** (ingressantes, f = 0 e avançados, f = 16), **nuvem eletrônica** (ingressantes, f = 3 e avançados, f = 9), **distribuição de carga**[31] (ingressantes, f = 10 e avançados, f = 13), **densidade eletrônica** (ingressantes, f = 0 e avançados, f = 2). Esses conceitos definem os tipos de interação que uma molécula pode apresentar e seriam fundamentais para compreender o tema. O conceito **interação eletrostática** (ingressantes, f = 0 e avançados, f = 19), que se refere à natureza das interações, também está no grupo dos conceitos menos relevantes, apesar de ter um salto no número de evocações. Além de um ensino que privilegie o ensino desses conceitos também é imprescindível uma diferenciação entre interações intermoleculares e ligação química; compreender que diversas interações

[31] Os alunos evocaram apenas a palavra “carga”.

podem estar presentes na mesma molécula e saber que as forças dispersivas de London são universais. Como já defendido na tese de Junqueira (2017), o ensino precisa enfatizar estes conceitos, não apenas por serem essenciais ao conhecimento de um químico, mas para irmos além de um ensino classificatório e nos aprofundarmos na estrutura e propriedade moleculares.

Finalmente, os resultados dessa pesquisa mostram que o ensino tem papel fundamental na modificação e formação de novas estruturas da RS sobre o termo interações intermoleculares, e possivelmente de outros conceitos que permeiam esse tema. Com as conclusões postas, pode-se afirmar que a preocupação com o ensino de interações intermoleculares é relevante para que não se promovam erros conceituais ou confusões que derivem do processo de ensino-aprendizagem. Espera-se que essa pesquisa possa abrir caminhos para aprofundamentos ou estudos com outros temas relevantes para o ensino de Química.

Referências

ABRIC, J.-C. **Práticas sociales y representaciones.** Cidade do México: Ed. Coyoacán, 2001.

ABRIC, J-C. Le recherche du noyau central et de la zone muette des représentations sociales. *In:* ABRIC, J-C. (Ed.), **Méthodes d'étude des représentations sociales**. Paris: Éditions érès, 2005. p. 59-80.

ABRIC, J-C. A abordagem estrutural das representações sociais. *In:* MOREIRA, Antonia Silva Paredes; OLIVEIRA, Denize Cristina de. (Org.). **Estudos interdisciplinares de representação social**. Goiânia: AB, 1998.

ALVES-MAZZOTI, A. J. Representação do trabalho do professor das séries iniciais: a produção do sentido de "dedicação" R. bras. Est. pedag., Brasília, v. 89, n. 223, p. 522-534, 2008.

ARRUDA, A. Teoria das representações sociais e teorias de gênero. **Cadernos de Pesquisa**, n. 117, p. 127-147, 2002.

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e omeio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BARDIN, L. Análise de Conteúdo. Lisboa, Portugal: Edições 70, LDA, 2016.

Barbosa, F. G., MAFEZOLI, J., LIMA, M. A. S., ALEXANDRE, F. S. O., ALMEIDA, D. M. D., LEITE JUNIOR, A. J. M., & SILVA JÚNIOR, J. N. D. (2015). Interactions: Design, implementation and evaluation of a computational tool for teaching intermolecular forces in higher education. **Química Nova**, 38, 1351-1356.

BORTOLAI, M. M. S.; AGUILAR, M. B. R.; PEREIRA, T. M.; REZENDE, D. B. A representação social sobre "água" de professores do ensino fundamental. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 9, n. 1, jan./abr. 2019.

BURKHOLDER, P. R.; PURSER, G. H.; COLE, R. S. Using molecular dynamics simulation to reinforce student understanding of intermolecular forces. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 8, 2008.

CALHEIRO, L. B.; DEL PINO, J. C. O estudo das Representações Sociais de estudantes do ensino médio acerca do tema radiação. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, X, Águas de Lindóia, 2015. **Anais...** Águas de Lindóia: Hotel Majestic, 2015.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais IRAMUTEQ. **Temas em Psicologia**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013.

COOPER, M. M.; WILLIAMS, L. C.; UNDERWOOD, S. M. Student understanding ofIntermolecular Forces: a multimodal study. **Journal of Chemical Education**, v. 92, p. 1288-1298, 2015.

CORRALLO, M. V. **Atividades práticas experimentais para o ensino de Física:** uma investigação utilizando a Teoria do Núcleo Central. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidadede São Paulo, São Paulo, 2017.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 19. ed. atual. São Paulo: Saraiva, 2009.

FALCÃO, E. B. M.; ROQUETTE, G. S. As representações sociais de natureza e sua importância para a educação ambiental: uma pesquisa em quatro escolas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, p. 32-48, 2007.

FERREIRA, D. S.; TEIXEIRA, E.; NEVES, A. L. M. Educação não tem idade: estrutura e conteúdo das representações sociais de idosos sobre educação. **Revista Cocar**, Belém, v. 8, n.15, p. 57-62, jan.-jul. 2014.

FERNANDEZ, C.; MARCONDES, M. E. R. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Quim. Nova Esc.**, 2006, n. 24, p. 20-24.

FINATTI, L. A.; GOMES, E. F.; CORRALLO, M. V. **Revisão bibliográfica das representações sociais de conceitos científicos**. 2018. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

FONSECA, C. V. Representações sociais no ensino de química: perspectivas dos estudantes sobre poluição da água. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 3, p. 26-43, 2014.

GOMES, A. M. T.; OLIVEIRA, D. C.; SÁ, C. P. As representações sociais do sistema único de saúde no município do Rio de Janeiro, Brasil, segundo a abordagem estrutural. **Revista Latino-americana Enfermagem**, v. 16, n.1, jan.-fev. 2008.

HILGER, T. R.; MOREIRA, M. A. Uma revisão de literatura sobre trabalhos em representações sociais relacionados ao ensino de física. **Revista Brasileira De Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1, p. 167-186, 2016.

HILGER, T. R.; STIPCICH, Silvia; MOREIRA, Marco Antonio. Representações sociais sobre Física Quântica entre estudantes de graduação brasileiros e argentinos. **Latin- American Journal of Physics Education,** v. 11, p. 1302-9, 2017.

INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA – USP. Unicode e UTF-8. Disponível em: https://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos/apend/unicode.html. Acesso em: 2 jan.2021.

IRAMUTEQ. **Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires**. Disponível em: http://www.iramuteq.org/. Acesso em: 2 fev. 2020.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**. 2. ed. ("Gold Book"). Compilado por MCNAUGHT, A. D.; WILKINSON, A. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1997. [Online]. doi.org/10.1351/goldbook.

JASIEN, P. G. Helping students assess the relative importance of different intermolecular interactions. **Journal of Chemical Education**, v. 85, n. 9, p. 1222-1225, 2008.

JODELET, D. Representações Sociais: um domínio em expansão. *In:* JODELET, D. (Ed.). **As representações sociais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. Uerj, 2001. p. 17-44.

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

MAXIMIANO, F. A.; OMIYA, J. S.; JUNQUEIRA, M. M. The Main Concepts Related to the Intermolecular Forces from Undergraduate Chemistry Students: An Approach According to the Social Representation Theory. *In:* 46th World Chemistry Congress – IUPAC, 2017, São Paulo. **Program**, 2017.

MENESES VILLAGRÁ, Jesús; LACOLLA, Liliana; VALEIRAS, Nora. Reacciones químicas y representaciones sociales de los estudiantes. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [en línea], v. 32, n. 3, p. 89-109, 2014.

MESSIAS, J. J. **Análise da estrutura conceitual do tema interações intermoleculares presente em um livro didático de ensino superior: obtenção e análise de redes conceituais e identificação de fatos, conceitos e princípios**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, 2020.

MIRANDA, C. L.; LISBÔA, J. C. F.; REZENDE, D. B. Ser ou não ser professor: duas faces de uma graduação em Química. **Revista Química Nova na Escola**, v. 41, n. 4, p. 377-385, nov. 2019.

MOSCOVICI, S. La psychanalyse: son image et son public. Paris: PUF, 1976. Conforme impressão de 1961.

MOSCOVICI, S. **Representações sociais:** investigações em psicologia social. 5. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017.

MOSCOVICI, S. **A psicanálise, sua imagem e seu público**. Tradução Sônia Fuhrmann. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

PAST 4 – The Past of the future. Disponível em: https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/. Acesso em: 2 jan. 2021.

PAZINATO, M. S. **Ligações Químicas:** investigação da construção do conhecimento no ensino médio. 2016. Tese (Doutorado em Química) – UFSM, Santa Maria, 2016.

PECORA, A. R.; SÁ, C.S. Memórias e representações sociais da cidade de Cuiabá, ao longo de três gerações. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 21, n. 2, p. 319-325, 2008.

PEREIRA, C. S.; REZENDE, D. B. Representações Sociais da Química: como um grupo de estudantes da educação de jovens e adultos significa o termo "química"? **Revista Química Nova na Escola**, v. 38, n. 4, p. 369-374, nov. 2016.

PEREIRA, T. M.; VOGEL, M.; REZENDE, D. B. **As marcas do PIBID-Química na formação inicial de professores de Química**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **Aprendizagem e o ensino de ciências**. 5 ed. São Paulo : Editora Artmed, 2009.

RATINAUD, P. **IRAMUTEQ:** Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires. 2009. [Computer software]. Disponível em: http://www.iramuteq.org.

RECEPUTI, C. C.; PEREIRA, T. M.; VOGEL, M.; REZENDE, D. B. Representação social de coordenadores de área do PIBID-química sobre "experimentação". **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 22, 2020.

REIS, Adriano de Souza. **Ligações hidrogênio no cotidiano:** uma contribuição para o ensino de química. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, 2008.

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

RODRIGUES, B. de V.; SILVA, D. C. da; QUADROS, A. L. O ensino superior de química: reflexões a partir de conceitos básicos para a química orgânica. **Quim. Nova**, v. 34, n. 10, p. 1840-1845, 2011.

SÁ, C. P. de. **Representações sociais**: teoria e pesquisa do núcleo central. Temas em Psicologia, n. 3, p. 19-33, 1996.

SÁ, C. P. de. **A construção do objeto de pesquisa em Representações Sociais**. Rio de Janeiro: Eduerj, 1998.

SÁ, C. P. de. **Núcleo central das representações sociais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2002.

SERIBELI, F. L. **Interações intermoleculares**: elementos para a determinação de uma estrutura conceitual. 2021. Tese (Doutorado em Ensino de Química) –

Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

SALVIATI, M. E. Manual do Aplicativo IRAMUTEQ (versão 0.7 Alpha 2 e R Versão 3.2.3). Disponível em: http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/manual-do-aplicativo-iramuteq-par-maria-elisabeth-salviati. Acesso: 1 jul. 2021.

SILVA JÚNIOR, J. N. da; BARBOSA, F. G.; MAFEZOLI, J.; LIMA, M. A. S.; OLIVEIRA, F. S.; ALMEIDA, A. D. M.; LEITE JÚNIOR, A. J. M. Interactions: design, implementation, and evaluation of a computational tool for teaching intermolecular forces in higher education. **Química Nova**, v. 38, n. 10, p. 1351-1356, 2015.

VOGEL, M. **Influências do PIBID na Representação Social de licenciandos em Química sobre ser "professor de Química"**. 2016. Tese (Doutorado) – Programa Interunidades de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Instituto de Física, de Química, de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

VERGÈS, P.; BOURICHE, B. L'analyse des données par les graphes de similitude. **Sciences Humaines**, p. 1-90, 2001.

VOELZKE, M. R.; MACÊDO, J. A. de. Aprendizagem significativa, objetos de aprendizagem e o ensino de Astronomia. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 5, p. 1-19, 8 ago. 2020.

WACHELKE, J. F. R. Índice de Centralidade de Representações Sociais a partir de Evocações (INCEV): exemplo de aplicação no estudo da representação social sobre envelhecimento. **Psicologia do desenvolvimento, Psicologia, Reflexão e Crítica**, v. 22, n. 1, p. 102-110, 2009.

WACHELKE, J. F. R.; CAMARGO, B. V. Representações sociais, representações individuais e comportamento. **Revista Interamericana de Psicologia**,v. 41, n. 3, p. 379-390, 2007.

WACHELKE, J. F. R.; WOLTER, R. Critérios de Construção e Relato da Análise Prototípica para Representações Sociais. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 27, n. 4, p. 521-526, 2011.

WACHELKE, J. F. R.; WOLTER, R.; MATOS, F. R**.** Efeito do tamanho da amostra na análise de evocações para representações sociais. **LIBERABIT**, v. 22, n. 2, p. 153-160, 2016.

WOLTER, R. P.; WACHELKE, J.; NAIFF, D. A abordagem estrutural das representações sociais e o modelo dos esquemas cognitivos de base: perspectivas teóricas e utilização empírica. **Temas de psicologia**., Ribeirão Preto, v. 24, n. 3, p. 1139-1152, 2016.

WAGNER, W. Sócio-gênese e características das representações sociais. In A. S. P. Moreira, & D. C. de Oliveira. (Eds.), **Estudos interdisciplinares de representação social** Goiânia: AB, p. 3-25, 1998

Anexos

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO 2015[32]

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) a responder às perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária. Sua participação nesta pesquisa consistirá apenas no preenchimento deste questionário, respondendo às perguntas formuladas que abordam o tema Interações Intermoleculares. As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em comunicações científicas.

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu (Nome completo) _____ n° USP: _____ ano de ingresso _____, na presente data ____/____/2015 estou de acordo em participar desta pesquisa.

Questionário

1. Pensando no tema *interações intermoleculares* cite as cinco primeiras palavras que vem a sua cabeça.

1º- _____
2º- _____
3º- _____
4º- _____
5º- _____

2. Utilizando as palavras citadas na página 1, escreva frases que mostrem possíveis relações entre estas palavras.

3. Você já estudou o conteúdo *interações intermoleculares* durante sua graduação?

☐ SIM ☐ NÃO

Em disciplinas de quais áreas de concentração esse conteúdo foi abordado formalmente (abordagem explícita)?

☐ Ambiental ☐ Analítica ☐ Bioquímica ☐ Físico- Química
☐ Inorgânica ☐ Ensino de Química ☐ Orgânica ☐ Química Geral

Em qual(is) disciplina(s) você acha que o conteúdo foi mais bem abordado? (Abordagem mais completa e profunda)

Em disciplinas de quais áreas de concentração houve aplicação desse conteúdo (sem abordagem explícita)?

☐ Ambiental ☐ Analítica ☐ Bioquímica ☐ Físico- Química
☐ Inorgânica ☐ Ensino de Química ☐ Orgânica ☐ Química Geral

4. Você considera o conteúdo *interações intermoleculares* importante para a química? Explique no verso.

☐ SIM ☐ NÃO

---

[32] As perguntas possuíam um espaço delimitado logo abaixo de cada uma para as respectivas respostas. Esse espaço foi retirado para não ficar um anexo demasiadamente longo.

ANEXO 2 – QUESTIONÁRIO 2018[33]

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado(a) a responder as perguntas deste questionário de forma totalmente voluntária. Sua participação nesta pesquisa consistirá no preenchimento deste questionário, respondendo às perguntas formuladas que abordam o tema Interações Intermoleculares. As informações fornecidas por você terão sua privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis. Os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento, mesmo quando os resultados desta pesquisa forem divulgados em comunicações científicas.

Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano
Coordenador da Pesquisa

Ciente e de acordo com o que foi anteriormente exposto, eu (Nome completo) _____

nº USP_____ano de ingresso _____, na presente data _____/_____/2018 estou de acordo em participar desta pesquisa.

_____

(assinatura)

---

1. Pensando no tema ***interações intermoleculares*** cite as cinco primeiras palavras ou expressões que vêm à sua mente.

2. Explique **a escolha** de cada uma das palavras ou expressões.

3. Numere as palavras ou expressões citadas na folha anterior de 1 a 5, segundo sua importância, sendo 1 para a palavra mais importante e 5 para a palavra menos importante.

4. Utilizando estas mesmas palavras, escreva frases que mostrem possíveis relações entre as mesmas.

5. Defina em poucas palavras o que de mais importante você aprendeu sobre *interações intermoleculares* nesta disciplina.

6. Você considera o conteúdo *interações intermoleculares* importante para a Química? Explique.

---

[33] As perguntas possuíam um espaço delimitado logo abaixo de cada uma para as respectivas respostas. Esse espaço foi retirado para não ficar um anexo demasiadamente longo.

Anexo 3 – Lista dos conceitos evocados – Grupo pré-ensino (n = 45)

Rótulo	F	Rótulo	F
ligação de hidrogênio	25	energia	1
molécula	11	vetor	1
interação de London	10	substância	1
dipolo-dipolo	10	afinidade	1
forças	10	oxidações de álcoois	1
polaridade	9	DNA	1
átomos	9	ponte dissulfeto	1
ligação química	7	bioquímica	1
estrutura molecular	6	produto	1
elétrons	6	condições	1
reações químicas	6	separação	1
interação de van der Waals	6	interação eletrostática	1
elementos químicos	5	distância	1
ligação covalente	5	entendimento microscópico visualizado no macro	1
soluções	5	bigorna indicando + e -	1
ponto de ebulição	4	Lewis	1
movimento	3	oxigênio	1
matéria	3	detergente	1
interação	3	forças físicas	1
eletrosfera	3	cargas	1
momento de dipolo	3	agitação	1
estado da matéria	3	dipolo	1
água	3	pressão osmótica	1
polar	3	cátions e ânions	1
atração	3	propriedades coligativas	1
cadeia carbônica	3	efeito	1
choque	2	química	1
apolar	2	misturas	1
compostos	2	sabões	1
forças intermoleculares	2	causa	1
nuvem eletrônica	2	estequiometria	1
Íon dipolo	2	formação de moléculas complexas	1
ponto de fusão	2	tensoativo	1
carbono	2	formação de novas moléculas	1
moléculas anfipáticas	2	união	1
ligação iônica	2	fortes	1
proteínas	1	volatilidade	1
eletronegatividade	1	gravidade	1
eletromagnetismo	1	hidrogênio	1
tracejado entre as moléculas	1	**Total Geral**	**227**

Anexo 4 – Lista dos conceitos evocados – Grupo pós-ensino (n=45)

Rótulo	F	Rótulo	F
ligação de hidrogênio	35	energia de Gibbs	1
polaridade	18	ponto de fusão	1
interação de London	14	elementos químicos	1
dipolo-dipolo	12	termodinâmica	1
interação de van der Waals	9	velocidade	1
dipolo	9	hidratação	1
soluções	8	íon	1
ligação química	8	fundamental	1
interação eletrostática	8	interações fracas	1
forças	7	formação	1
molécula	7	energia	1
eletronegatividade	7	ponto de ebulição	1
interação	6	reações químicas	1
cargas	5	apolar-apolar	1
momento de dipolo	5	duplas ligações	1
bioquímica	4	apolar	1
coesão	4	ordem de ligação	1
íon dipolo	4	pilar[34]	1
estado da matéria	3	polar	1
átomos	3	estado de agregação	1
interações hidrofóbicas	2	cinética	1
ligação covalente	2	vida	1
polarizabilidade	2	campo elétrico	1
dipolo instantâneo	2	estabilidade	1
adesão	2	molecularidade	1
FON	2	entropia	1
interações iônicas	1	entalpia	1
DNA	1	alfa hélice	1
elétrons	1	estrutura molecular	1
propriedades físicas	1	hidrofobicidade	1
orgânica	1		
pressão superficial da água	1	**Total Geral**	**225**

[34] A palavra pilar foi evocada, não é erro de digitação ou confusão com a palavra polar.

Anexo 5 – Lista dos conceitos evocados – Grupo Ingressantes (n = 102)

Rótulo	F	Rótulo	F	Rótulo	F
afinidade	3	entendimento micro visualizado no macro	1	misturas	1
agitação	1	enzimas	1	molaridade	1
água	7	esforço	1	molécula	27
alteração	1	espaço	1	molécula orgânica apolar	1
apolar	7	essencial	1	moléculas anfipáticas	3
aproximação	1	estado da matéria	7	momento de dipolo	9
assunto complexo	1	estequiometria	1	mosquito	1
átomos	18	estrutura molecular	10	movimento	4
atração	6	estudo	1	mudança	1
bifásico	1	explicação/origem	1	novos compostos	1
bigorna indicando positivo e negativo	1	FON	1	nuvem eletrônica	3
bioquímica	1	força de Yung	1	oxidações de álcoois	1
cadeia carbônica	4	forças	17	oxigênio	1
camada de valência	2	forças de London	28	polar	9
carbono	3	forças elétricas	1	polaridade	22
cargas	2	forças físicas	1	polímero	1
cátions e ânions	1	forças intermoleculares	6	ponte dissulfeto	2
causa	1	formação de moléculas complexas	1	ponto de ebulição	4
chato no começo, mas depois faz sentido	1	formação de novas moléculas	2	ponto de fusão	3
choque	3	fortes	2	preciso aprender o que é	1
compartilhamento de elétrons	1	gradação	1	pressão osmótica	1
composição	1	gravidade	1	produto	1
compostos	3	hidrogênio	3	propriedades coligativas	1
condições	2	infinito	1	propriedades físicas	1
conexão	1	interação	5	proteínas	1
cotidiano	1	interação de van der Waals	17	química	3
dedicação	1	interação eletrostática	1	química orgânica	1
detergente	1	interpessoal	1	reações químicas	10
diferente	1	íon dipolo	5	resistência	2
dipolo	8	legal	1	sabões	2
dipolo-dipolo	21	Lewis	1	separação	1
dipolo induzido	4	ligação covalente	8	sociedade	1
distância	1	ligação dativa	1	sólido	1
DNA	1	ligação de hidrogênio	58	soluções	7
efeito	1	ligação iônica	3	substância	3
elementos químicos	9	ligação química	21	tensoativo	1
elétrico	1	ligas	1	trabalho	1
eletromagnetismo	1	lipídeos	1	tracejado entre as moléculas	1
eletronegatividade	3	macromoléculas	1	transformações	2
elétrons	11	massa molecular	1	união	2
eletrosfera	3	matéria	5	vetor	2
energia	5	microscópios	1	viscosidade	1
entalpia	1	mistura imiscível	1	volatilidade	1
				Total Geral	**514**

Anexo 6 – Lista dos conceitos evocados – Grupo Avançados (n=145)

Rótulo	F	Rótulo	F	Rótulo	F
ácido e base	1	energia de Gibbs	1	momento de dipolo	10
afinidade	6	energia potencial	1	momento magnético	1
água	7	entalpia	1	nuvem eletrônica	9
alteração	1	entropia	4	orbitais moleculares	8
apolar	6	estabilidade	7	ordenação	1
átomos	3	estado da matéria	15	organização	1
atração	17	estado de agregação	1	partição	1
atração/repulsão eletrônica	1	estequiometria	1	polar	3
atração iônica	1	estrutura molecular	13	polaridade	28
biomolécula/proteína	1	fase	2	polarizabilidade	16
bioquímica	2	física	1	polos	1
blindagem	1	físico-química	2	ponte dissulfeto	1
bulk	1	força coulombica	1	ponto de ebulição	23
campo eletromagnético	1	forças	20	ponto de fusão	9
características	1	forças de London	12	potencial de Lennard Jones	1
cargas	13	forças intermoleculares	2	pressão de vapor	2
cargas parciais	1	forte	1	propriedades	12
coesão	3	fraco	6	proximidade	3
coligativas	1	função	1	quim. de superfícies e interfaces	1
complexos	1	haletos	1	raio atômico	3
comportamento	1	impedimento estérico	1	reações químicas	4
compostos	1	influência	1	reatividade	2
comprimento de ligação	2	intensidade de ligação	1	repulsão	9
conformação	1	interação	3	retículo	1
cromatografia	1	interação de van der Waals	66	separação	1
D.F.T	1	interação eletrostática	19	simulações	1
densidade eletrônica	2	interações dinâmicas	1	sobreposição	1
dipolo	25	interação intramolecular	3	solubilidade	7
dipolo-dipolo	20	íon	3	soluções	10
dipolo-dipolo induzido	3	íon dipolo	4	solvatação	2
dipolo induzido	13	lagartixa	1	solvente	4
dispersão eletrônica	1	Langmuir	1	superfície	1
dispersões	1	lego universal	1	superfícies	1
dissolução	2	ligação covalente	8	surpreendente	1
DNA	1	ligação de hidrogênio	85	tamanho	2
efeito hidrofílico	1	ligação iônica	4	temperatura	1
efeito hidrofóbico	5	ligação química	30	tensão superficial	3
efetivas	1	matéria	1	transferência eletrônica	1
elétron	12	modelo	1	união da matéria	1
eletronegatividade	6	molaridade	1	viscosidade	2
empacotamento	3	molécula	23	volatilidade	1
energia	14	moléculas agrupadas	2	**Total Geral**	**729**

Anexo 7 – Lista dos conceitos originais evocados – Grupo Ingressantes (n=45)

Código	Evocação 1	Evocação 2	Evocação 3	Evocação 4	Evocação 5
ING2018 03	Átomos	Moléculas	Forças	Distância	Substâncias
ING2018 04	Van der Waals	Ponte de hidrogênio	Hidrogênio	Lula	Força
ING2018 09	Polaridade	Dipolo induzido	Lewis	União de moléculas	Ligações de hidrogênio
ING2018 12	Elétrons	Moléculas	Forças	Atração	Estados físicos
ING2018 13	Força	Polaridade	Solubilidade	Sabonetes	Ligação de hidrogênio
ING2018 22	Entre moléculas	Ligações iônicas	Oxidações de álcoois	Ligações fortes	Ligações covalentes
ING2018 23	Dipolo Permanente	Dipolo induzido	Molécula H_2O	Bigorna indicando positivo e negativo	Tracejado entre as moléculas
ING2018 26	Interação eletrostática	Ligação iônica	Ligação de Hidrogênio	Ligação covalente	Nuvem eletrônica
ING2018 27	Íon-dipolo	Dipolo Permanente	Ponte de Hidrogênio	Ponte dissulfeto	Dipolo-dipolo
ING2018 30	Molécula	Átomo	Elementos	Força	Vetor
ING2018 31	Dipolo	Atração	Elétrons	Polar	Nuvem eletrônica
ING2018 32	Moléculas	Ponte de hidrogênio	Volatilidade	Pressão osmótica	Ponto de ebulição
ING2018 33	Ligações	Moléculas	Atração	Elétrons	Átomos
ING2018 35	Polar	Apolar	Ligação de Hidrogênio	Cadeia carbônica	Geometria molecular
ING2018 40	Agitação	Choque	Ligação	Construção de substâncias	Formação de moléculas complexas
ING2018 41	Ligação de Hidrogênio	Propriedades coligativas	Ponto de ebulição	Dipolo induzido	Dipolo Permanente
ING2018 43	Ligação de Hidrogênio	Forças de Van der Waals	Anfifílica	Tensoativo	Polaridade
ING2018 49	Ligação de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Dipolo induzido	Força de moléculas	Intensidade de cada interação
ING2018 50	Entre moléculas	Ligações	Moléculas	Átomos	Elétrons

ING2018 51	Átomos	Ligação de Hidrogênio	Polar e apolar (moléculas)	Moléculas	Mudança na estrutura das moléculas
ING2018 52	Elementos (Átomos)	Energia	Compostos químicos	Movimento	Cadeia
ING2018 53	Pontes de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Van der Waals	Matéria	Formação de coisas diferentes
ING2018 56	Hidrogênio	Polaridade	Solubilidade	Eletronegatividade	London
ING2018 59	Estados físicos	Ponto de ebulição	Ponto de fusão	Entendimento microscópico visualizado no macroscópico	Ligações de Hidrogênio
ING2018 63	Moléculas	Junções	Separações	Misturas	Reações
ING2018 65	Ligações	Polaridade	Afinidade	Reações	Geometria
ING2018 67	Ponte de Hidrogênio	Interação dipolo-dipolo	Interação dipolo induzido-dipolo induzido	Ponto de ebulição	Forças de Van der Waals
ING2018 69	Ligações	Carbono	Elétrons	Fortes	Fracas
ING2018 71	Ponte de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Dipolo-induzido	Matéria	Estado físico
ING2018 72	Reações	Átomos	Moléculas	Elétrons	Forças físicas
ING2018 75	Dipolo-dipolo	Forças de Van der Waals	Ligação de Hidrogênio	Íon dipolo	Proteínas
ING2018 76	Dipolo-dipolo	Ponte de Hidrogênio	Van der Waals	Geometria molecular	Força
ING2018 79	Ligações covalentes	Estequiometria	Elementos	Cátions e ânions	Produto
ING2018 84	Movimento	Forças	Dipolo-dipolo	Dipolo induzido-dipolo induzido	Ponte de Hidrogênio
ING2018 86	Átomos	Matéria	Elementos	Soluções	Compostos
ING2018 87	Ligação	Átomo	Reação	Encontro	Movimento
ING2018 88	Polaridade	Cargas	Eletromagnetismo	Ligações	Gravidade
ING2018 92	Ligação de Hidrogênio	Dipolo induzido	Água	Cadeias carbônicas	Moléculas anfipáticas
ING2018 93	Elementos	Átomos	Moléculas	Ligações covalentes	Pontes de hidrogênio

ING2018 94	Dipolo-dipolo	Ponte de Hidrogênio	Eletrosfera	Polaridade	Dipolo-induzido
ING2018 95	Moléculas	Hidrogênio	Polaridade	Força	Solubilidade
ING2018 96	Polaridade	Geometria	Ponto de fusão	Reações	Química
ING2018 97	Estrutura	Efeito	Condição	Causa	Eletrosfera
ING2018 99	Bioquímica	Ligações covalentes	Carbono, hidrogênio e oxigênio	Interações de Hidrogênio	Eletrosfera
ING2018 101	Pontes de Hidrogênio	Solubilidade	Dipolo-dipolo	Detergente	Fita de DNA

Anexo 8 – Lista dos conceitos originais evocados – Grupo Iniciantes (n=45)

Código	Evocação 1	Evocação 2	Evocação 3	Evocação 4	Evocação 5
INI2018 2	moléculas	forças	Eletronegatividade	estado de agregação	átomos
INI2018 3	ligações de hidrogênio	coesão	solubilidade	lagartixa	bioquímica
INI2018 6	pontes de hidrogênio	polaridade	dipolo	solubilidade	van der Waals
INI2018 7	ligações	dipolo-dipolo	van der Waals	eletroestática	força
INI2018 8	polaridade	solubilidade	forças de van der Waals	dipolo	ponte de hidrogênio
INI2018 11	ligações de hidrogênio	dipolo	polarizabilidade	forças de van der Waals	entre moléculas
INI2018 13	carga positiva e negativa	dipolo permanente	dipolo induzido	ligação de hidrogênio	grupo FON
INI2018 15	dipolo-dipolo	dipolo induzido dipolo induzido	íon dipolo	ligação de hidrogênio	eletronegatividade
INI2018 16	dipolo	ponte de hidrogênio	instantâneo	ponto de fusão	interações hidrofóbicas
INI2018 17	molecularidade	moléculas	átomos	força	interação
INI2018 18	polaridade	hidrofobicidade	hidratação	pontes de hidrogênio	dipolo
INI2018 19	ligação de hidrogênio	dipolo-dipolo	dipolo induzido dipolo induzido	íon dipolo	solubilidade
INI2018 20	ligações	polaridade	Eletronegatividade	formação	atração
INI2018 21	pontes de hidrogênio	interações hidrofóbicas	forças de van der Waals	dipolo permanente	dipolo instantâneo
INI2018 25	moléculas iguais ou diferentes interagindo	forças de interação	dipolo-dipolo	ligação de hidrogênio	moléculas polares e apolares
INI2018 26	atração	ligações de hidrogênio	coesão	dipolos	polaridade
INI2018 27	interações iônicas	ligações de hidrogênio	interações apolares	dipolo permanente	íon dipolo
INI2018 28	entre moléculas	momento dipolo	dipolo induzido dipolo induzido	dipolo permanente dipolo permanente	ligação de hidrogênio

INI2018 29	van der Waals	ponte de hidrogênio	entre moléculas	polos	forças
INI2018 30	interações fracas	estabilização da dupla fita do DNA	ligação de hidrogênio	interações dipolo induzido dipolo induzido	momento dipolo
INI2018 31	polaridade	dipolo-dipolo	carga	dipolo induzido	ligações químicas
INI2018 32	bioquímica	ligação de hidrogênio	vida	fundamental	pilar
INI2018 33	hidrogênio	dipolo	London	elétron	carga
INI2018 36	ligação	forças eletrostáticas	ligações de hidrogênio	força de van der Waals	substâncias polares e apolares
INI2018 40	energia	ligações	energia de Gibbs	entropia	entalpia
INI2018 42	polaridade	termodinâmica	eletronegatividade	ordem de ligação	eletrostática
INI2018 43	ligação de hidrogênio	forças de van der Waals	ponto de ebulição	polaridade da molécula	polarizabilidade
INI2018 44	ligação química	moléculas	hidrogênio	polos	atração
INI2018 47	átomos	moléculas	forças	ligação	elementos
INI2018 48	ligação de hidrogênio	interações eletrostáticas	ligação covalente	polar	apolar
INI2018 49	ligação de hidrogênio	dipolo-dipolo	proteínas	polaridade	eletronegatividade
INI2018 51	ligação de hidrogênio	dipolo-dipolo	coesão	adesão	moléculas
INI2018 52	ligação de hidrogênio	polaridade	dipolo induzido	solução	atração
INI2018 54	ligação de hidrogênio	interação dipolo-dipolo	interação dipolo induzido dipolo induzido	interação íon dipolo	polaridade
INI2018 55	pontes de hidrogênio	polaridade	duplas ligações	solubilidade	Alfa-hélice
INI2018 57	dipolo	carga	íon	ligação de hidrogênio	coesão
INI2018 59	cargas	polaridade	hidrogênio	eletronegatividade	geometria molecular
INI2018 61	dipolo-dipolo	dipolo induzido	forças de van der Waals	ligação de hidrogênio	pressão superficial da água
INI2018 62	moléculas	ligações químicas	eletronegatividade	ligação de hidrogênio	ligação covalente
INI2018 63	estabilização	campo eletrônico	ligação de hidrogênio	DNA	estados da matéria
INI2018 44	polaridade	estado da matéria	força	solubilidade	estrutura

INI2018 65	reações	cinética	solubilidade	orgânica	velocidade
INI2018 66	hidrogênio	dipolo-dipolo	dipolo induzido	estado da matéria	coesão e adesão (Capilaridade)
INI2018 67	dipolo-dipolo	dipolo induzido	ligações de hidrogênio	apolar-apolar	flúor nitrogênio e oxigênio
INI2018 69	moléculas	dipolos	dipolo induzido dipolo induzido	ligação de hidrogênio	propriedades físicas

Anexo 9 – Lista dos conceitos originais evocados – Grupo Ingressantes (n=102)

Código	Evocação 1	Evocação 2	Evocação 3	Evocação 4	Evocação 5
ING2018 1	Estrutura das substâncias	Características e propriedades dos compostos	Polaridade	Dipolo	Ponte de Hidrogênio
ING2018 2	Hidrogênio	Van der Waals	Carbono	Molécula orgânica apolar	Água
ING2018 3	Átomos	Moléculas	Forças	Distância	Substâncias
ING2018 4	Van der Waals	Ponte de hidrogênio	Hidrogênio	Lula	Força
ING2018 5	Molécula	Van der Waals	Dipolo-dipolo	Ligação de hidrogênio	Momento dipolar
ING2018 6	Polaridade	Dipolo	Eletronegatividade	Induzido	Íon-dipolo
ING2018 7	Ligação covalente	Ligação iônica	Pontes de H	Van der Waals	Ligação dativa
ING2018 8	Ligação de Hidrogênio	Dipolo induzido	Dipolo Permanente	Íon-dipolo	União
ING2018 9	Polaridade	Dipolo induzido	Lewis	União de moléculas	Ligações de hidrogênio
ING2018 10	Trabalho	Dedicação	Esforço	Infinito	Espaço
ING2018 11	Ligação de Hidrogênio	Forças Intermoleculares	Compartilhamento de elétrons	Eletronegatividade	Força dipolo induzido
ING2018 12	Elétrons	Moléculas	Forças	Atração	Estados físicos
ING2018 13	Força	Polaridade	Solubilidade	Sabonetes	Ligação de hidrogênio
ING2018 14	Forças elétricas	Camada de valência	Elétrons	Moléculas	Vetores
ING2018 15	Cargas	Ligações	Ponte de Hidrogênio	Forças dipolo permanente	Forças de London
ING2018 16	Ligações entre as moléculas	Como moléculas interagem com outras	Força de Van der Waals	Assunto complexo	Preciso aprender o que é
ING2018 17	Polaridade	Dipolo	Hidrogênio	Induzido	Ponte de Hidrogênio
ING2018 18	Elétrico	Pontes	Conexão	Junção	Força

ING2018 19	Elétron	Camadas de valência	Forças	Pontes de hidrogênio	Moléculas
ING2018 20	Moléculas	Dipolo-dipolo	Ponte de Hidrogênio	Forças intermoleculares	Ligações químicas
ING2018 21	Ligação	Microscópios	Substância	Átomo	Elemento
ING2018 22	Entre moléculas	Ligações iônicas	Oxidações de álcoois	Ligações fortes	Ligações covalentes
ING2018 23	Dipolo Permanente	Dipolo induzido	Molécula H2O	Bigorna indicando positivo e negativo	Tracejado entre as moléculas
ING2018 24	Van der Waals	Pontes de Hidrogênio	Força de Yung	H2O/Água	Estados
ING2018 25	Polar	Apolar	Lipídeos	Sabões	Cadeias Carbônicas
ING2018 26	Interação eletrostática	Ligação iônica	Ligação de Hidrogênio	Ligação covalente	Nuvem eletrônica
ING2018 27	Íon-dipolo	Dipolo Permanente	Ponte de Hidrogênio	Ponte dissulfeto	Dipolo-dipolo
ING2018 28	Ligação de Hidrogênio	Moléculas	Dipolo induzido	Água	Fusão
ING2018 29	Ponte de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Dipolo induzido	Ligação química	Ponte dissulfeto
ING2018 30	Molécula	Átomo	Elementos	Força	Vetor
ING2018 31	Dipolo	Atração	Elétrons	Polar	Nuvem eletrônica
ING2018 32	Moléculas	Ponte de hidrogênio	Volatilidade	Pressão osmótica	Ponto de ebulição
ING2018 33	Ligações	Moléculas	Atração	Elétrons	Átomos
ING2018 34	Ligação de Hidrogênio	Macromoléculas	Materiais mais resistentes	Estrutura mais compacta/mais próximas	Polímero
ING2018 35	Polar	Apolar	Ligação de Hidrogênio	Cadeia carbônica	Geometria molecular
ING2018 36	Solubilidade	Energia	Ligação de Hidrogênio	Molécula	Átomo
ING2018 37	Molécula	Átomo	Mudança	Ligação	Diferente
ING2018 38	Pontes de Hidrogênio	Dipolo induzido	Forças de Van der Waals	Dipolo Permanente	Forças de London
ING2018 39	Ligação de Hidrogênio	Força de Van der Waals	Dipolo-dipolo	Polaridade	Solubilidade

ING2018 40	Agitação	Choque	Ligação	Construção de substâncias	Formação de moléculas complexas
ING2018 41	Ligação de Hidrogênio	Propriedades coligativas	Ponto de ebulição	Dipolo induzido	Dipolo Permanente
ING2018 42	Forças de London	Dipolo induzido	Dipolo permanente	Polar	Apolar
ING2018 43	Ligação de Hidrogênio	Forças de Van der Waals	Anfifílica	Tensoativo	Polaridade
ING2018 44	Ligações	Moléculas	Ponte de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Dipolo induzido
ING2018 45	Ligação de Hidrogênio	Moléculas	Dipolo induzido	Elétrons	Polaridade
ING2018 46	Ligações de Hidrogênio	Íon-dipolo	Dipolo permanente-dipolo permanente	Dipolo induzido - Dipolo induzido	Van der Waals
ING2018 47	Moléculas	Movimento	Força	Ligação	Átomos
ING2018 48	Covalente	Polares	Dipolo-Dipolo	Átomo	Fortes
ING2018 49	Ligação de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Dipolo induzido	Força de moléculas	Intensidade de cada interação
ING2018 50	Entre moléculas	Ligações	Moléculas	Átomos	Elétrons
ING2018 51	Átomos	Ligação de Hidrogênio	Polar e apolar (moléculas)	Moléculas	Mudança na estrutura das moléculas
ING2018 52	Elementos (Átomos)	Energia	Compostos químicos	Movimento	Cadeia
ING2018 53	Pontes de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Van der Waals	Matéria	Formação de coisas diferentes
ING2018 54	Forças de London	Ligações de Hidrogênio	Dipolo induzido	Geometria molecular e formação	Massa molecular
ING2018 55	Pontes de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Forças de London	Dipolo induzido	Forças de Van der Waals
ING2018 56	Hidrogênio	Polaridade	Solubilidade	Eletronegatividade	London
ING2018 57	Força	Molécula	Atração	Estado	Energia
ING2018 58	Ligações covalentes	Forças intermoleculares	Pontes de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Forças de Van der Waals

ING2018 59	Estados físicos	Ponto de ebulição	Ponto de fusão	Entendimento microscópico visualizado no macroscópico	Ligações de Hidrogênio
ING2018 60	Moléculas	Estado físico	Molaridade	Ligas	Compostos
ING2018 61	Transformações	Ligações	Energia	Entalpia	Novos compostos
ING2018 62	Matéria	Viscosidade	Polaridade	Gradação	Cotidiano
ING2018 63	Moléculas	Junções	Separações	Misturas	Reações
ING2018 64	Ligações	Transformação	Atomística	Elementos	Explicação/origem
ING2018 65	Ligações	Polaridade	Afinidade	Reações	Geometria
ING2018 66	Ligações	Moléculas	Átomos	Afinidade	Elétrons
ING2018 67	Ponte de Hidrogênio	Interação dipolo-dipolo	Interação dipolo induzido-dipolo induzido	Ponto de ebulição	Forças de Van der Waals
ING2018 68	Dipolo	Sólido	Polaridade	Resistência	Essencial
ING2018 69	Ligações	Carbono	Elétrons	Fortes	Fracas
ING2018 70	Ligações de Hidrogênio	FON	Polaridade	Dipolo	Chato no começo, mas depois faz sentido
ING2018 71	Ponte de Hidrogênio	Dipolo-dipolo	Dipolo-induzido	Matéria	Estado físico
ING2018 72	Reações	Átomos	Moléculas	Elétrons	Forças físicas
ING2018 73	Ligação de Hidrogênio	Força intermolecular	Dipolo	Polar	Apolar
ING2018 74	Moléculas	Átomos	Ligações químicas	Elétrons	Condições
ING2018 75	Dipolo-dipolo	Forças de Van der Waals	Ligação de Hidrogênio	Íon dipolo	Proteínas
ING2018 76	Dipolo-dipolo	Ponte de Hidrogênio	Van der Waals	Geometria molecular	Força
ING2018 77	Força	Ligações	Afinidade	Polaridade	Substâncias
ING2018 78	Legal	Bifásico	Ponte de Hidrogênio	Mosquito	Mistura imiscível
ING2018 79	Ligações covalentes	Estequiometria	Elementos	Cátions e ânions	Produto

ING2018 80	Polaridade	Choque	Reação	Estado da matéria	Dipolo- dipolo, dipolo induzido, ponte de hidrogênio
ING2018 81	Estudo	Química	Matéria	Átomos	Elementos
ING2018 82	Química orgânica	Pontes de Hidrogênio	Reações químicas	Enzimas	Nuvens eletrônicas
ING2018 83	Ponte de Hidrogênio	Ligação dipolo induzido	Dipolo permanente	Moléculas	Polaridade
ING2018 84	Movimento	Forças	Dipolo-dipolo	Dipolo induzido-dipolo induzido	Ponte de Hidrogênio
ING2018 85	Moléculas	Elementos	Formação	Reação	Química
ING2018 86	Átomos	Matéria	Elementos	Soluções	Compostos
ING2018 87	Ligação	Átomo	Reação	Encontro	Movimento
ING2018 88	Polaridade	Cargas	Eletromagnetismo	Ligações	Gravidade
ING2018 89	Água	Ponte de Hidrogênio	Sociedade	Interpessoal	Fraca
ING2018 90	Atração	Dipolos	Ligação de Hidrogênio	Polaridade	Indução
ING2018 91	Ligação	Van der Waals	Polar	Apolar	Anfifílica
ING2018 92	Ligação de Hidrogênio	Dipolo induzido	Água	Cadeias carbônicas	Moléculas anfipáticas
ING2018 93	Elementos	Átomos	Moléculas	Ligações covalentes	Pontes de hidrogênio
ING2018 94	Dipolo-dipolo	Ponte de Hidrogênio	Eletrosfera	Polaridade	Dipolo-induzido
ING2018 95	Moléculas	Hidrogênio	Polaridade	Força	Solubilidade
ING2018 96	Polaridade	Geometria	Ponto de fusão	Reações	Química
ING2018 97	Estrutura	Efeito	Condição	Causa	Eletrosfera
ING2018 98	Energia	Estrutura	Alteração	Composição	Reação
ING2018 99	Bioquímica	Ligações covalentes	Carbono, hidrogênio e oxigênio	Interações de Hidrogênio	Eletrosfera
ING2018 100	Polaridade	Dipolos-permanente	Dipolos-induzidos	Ligações de Hidrogênio	Forças (intensidade)
ING2018 101	Pontes de Hidrogênio	Solubilidade	Dipolo-dipolo	Detergente	Fita de DNA
ING2018 102	Ligação	Apolar	Polar	Ponte de Hidrogênio	Atração

Anexo 10 – Lista dos conceitos originais evocados – Grupo Avançados (n=145)

Código	Evocação 1	Evocação 2	Evocação 3	Evocação 4	Evocação 5
AVA2018 1	Ligação de Hidrogênio	interações dipolo induzido-dipolo permanente	Dipolo permanente-dipolo permanente	dipolo induzido-dipolo induzido	pontes dissulfeto
AVA2018 2	van der Waals	Covalente	Íon	Molécula	Momento dipolo
AVA2018 3	Ligações de Hidrogênio	Polaridade	Dipolo Permanente	Momento de dipolo	Polarizabilidade
AVA2018 4	Elétrons	Orbitais	Ligação Covalente	Raio atômico	Eletronegatividade
AVA2018 5	Nuvem Eletrônica	Van der Waals	Dipolo	Carga	Molécula
AVA2018 6	Forças de Van der Waals	Ponte de Hidrogênio	Tensão Superficial	Ponto de ebulição	Físico Química
AVA2018 7	Orbitais Moleculares	Ligações de Hidrogênio	Overlap	D.F.T	Potencial de Lennard- Jones
AVA2018 8	Molécula (Ou estrutura molecular)	Estado Físico	Solubilidade	Ligação de Hidrogênio	Dispersões de London
AVA2018 9	Ligação de Hidrogênio	Van der Waals	Dipolo-dipolo	Energia	ligações
AVA2018 10	Ligação química	Forças atrativas e repulsivas	van der Waals	Campo eletromagnético	Lego universal
AVA2018 11	Moléculas	Atração	Água	Ligação	Estado físico
AVA2018 12	Forças de van der Waals	Ligação de Hidrogênio	dispersão eletrônica	polarização	interação eletrostática
AVA2018 13	Van der Waals	Ligação de Hidrogênio	Polarizabilidade	Haletos	Estado físico
AVA2018 14	Ligação de Hidrogênio	Apolar	Polar	Momento dipolo	Dipolo induzido
AVA2018 15	Dipolo	Interações hidrofóbicas	Ponto de ebulição	Forças de London	Forças de Van der Waals
AVA2018 16	Atração	Moléculas	Carga	Elétrons	Dipolo
AVA2018 17	Ligação de Hidrogênio	Interação eletrostática	Forças de Van der Waals	Interação fraca	Interação forte

AVA2018 18	Moléculas	Hidrofóbicas	Van der Waals	Ligação de Hidrogênio	Eletrostática
AVA2018 19	Ponto de ebulição	Polaridade da molécula	Interação dipolo-dipolo	Proximidade das moléculas	Dipolo induzido
AVA2018 20	Ligação de Hidrogênio	Hidrofóbico	Hidrofílico	Ponto de ebulição/fusão	Polaridade
AVA2018 21	Ligação	Transferência eletrônica	Separação	Proximidade	Moléculas agrupadas
AVA2018 22	Força	Atração e repulsão	Energia potencial	carga	moléculas e íons
AVA2018 23	Forças de Wan der Walls	Estado físico	Ligação de Hidrogênio	Eletrostática	União da Matéria
AVA2018 24	Ligação de Hidrogênio	Forças de London	Interações de Van der Waals	Ponto de ebulição	Solubilidade
AVA2018 25	Ponte de Hidrogênio	Van der Waals	Dipolo-dipolo	Dipolo-íon	Volatilidade
AVA2018 26	Estado Físico	Ligação de Hidrogênio	Cromatografia	Interações eletrostáticas	Momento dipolo
AVA2018 27	Ligações de Hidrogênio	forças de van der Waals	ligações mais fracas que covalentes	características de alguns elementos	
AVA2018 28	Ligação de Hidrogênio	forças eletrostáticas	forças de London	interações dipolo-dipolo	interações de van der Waals
AVA2018 29	Ligação de Hidrogênio	Van der Waals	Estados físicos	Dipolo induzido	Organização
AVA2018 30	Van der Waals	Ligação iônica	Ponte de Hidrogênio	Juntinho	Fraco
AVA2018 31	Pontes de Hidrogênio	Van der Waals	Polaridade	Dipolos permanentes	Dipolos induzidos
AVA2018 32	Pontes de Hidrogênio	Van der Waals	Dipolo Permanente	Induzido	Polarizabilidade
AVA2018 33	Dipolo	Carga	Nuvem eletrônica	Forças	Atração
AVA2018 34	Ligações de Hidrogênio	Moléculas agrupadas	Forças	Dispersões	Estabilização
AVA2018 35	Ligação de Hidrogênio	Van der Waals	Polaridade	Energia	Fase

AVA2018 36	Ligações de Hidrogênio	Forças de London	Dipolos induzidos	Forças de van der Waals	Momento de dipolo
AVA2018 37	Interações eletrostáticas	Polaridade	Atração/repulsão entre cargas	efeito hidrofóbico	interações dinâmicas
AVA2018 38	eletrostática	Van der Waals	Ligação de Hidrogênio	Polaridade	Atração
AVA2018 39	Ligação de Hidrogênio	Forças	Moléculas	Solução	Apolar
AVA2018 40	Ligações de Hidrogênio	Interações de van der Waals	Química de superfícies e interfaces	Coesão molecular	Langmuir
AVA2018 41	Eletrostática	Van der Waals	Ligação de Hidrogênio	iônicas	covalência
AVA2018 42	Força	Física	Cargas	Ligação	Afinidade química
AVA2018 43	ligações	água	estrutura	reação	propriedades físico-químicas
AVA2018 44	ligações	elétrons	ácido e base	estequiometria	molaridade
AVA2018 45	interação de van der Waals	ponte de hidrogênio	covalente	iônica	Dipolo-dipolo
AVA2018 46	ligações de hidrogênio	interações de van der Waals	polarização	nuvem eletrônica	sobreposição
AVA2018 47	atração eletrostática	van der Waals	ligação de hidrogênio	Dipolo-dipolo	íon dipolo
AVA2018 48	dipolo	Dipolo-induzido	ligação	polaridade	ligação (ponte) de hidrogênio
AVA2018 49	ligação de hidrogênio	Dipolo-dipolo	Dipolo induzido-dipolo induzido	polaridade	eletronegatividade
AVA2018 50	Polaridade	ligação de hidrogênio	atração iônica	nuvem eletrônica	solvatação
AVA2018 51	Polaridade	ligações químicas	atração/repulsão eletrônica	impedimento estérico	orbitais moleculares
AVA2018 52	ligação de hidrogênio	estado físico	ponto de ebulição	dipolo	solubilidade
AVA2018 53	Eletrostáticas	covalente	polarizabilidade	dipolo	van der Waals

AVA2018 54	ligação de hidrogênio	Dipolo	Força fraca	Eletronegatividade	polaridade
AVA2018 55	ligação de hidrogênio	Van der Waals	entalpia	polarizabilidade	estado físico
AVA2018 56	ligação de hidrogênio	forças de van der Waals	momento de dipolo	interações intramoleculares	forças de dispersão
AVA2018 57	ligações de hidrogênio	forças de van der Waals	polaridade	estabilidade	solvente
AVA2018 58	ligação de hidrogênio	interação dipolo-dipolo	interação dipolo-dipolo induzido	solubilidade	forças de van der Waals
AVA2018 59	ligação de hidrogênio	dipolo	polaridade	força coulombica	ponto de ebulição
AVA2018 60	forças de London	Dipolo-dipolo	forças de van der Waals	Íon-dipolo	Dipolo-dipolo induzido
AVA2018 61	Força	polaridade	solubilidade	propriedades físicas	ligação
AVA2018 62	dipolo	van der Waals	indução/induzido	cargas	nuvem eletrônica
AVA2018 63	ligação de hidrogênio	van der Waals	polaridade	nuvem eletrônica	eletronegatividade
AVA2018 64	ligação de hidrogênio	forças de London	Dipolo-dipolo	polarizabilidade	orbitais moleculares
AVA2018 65	forças de London	Dipolo-dipolo	polaridade	ligação de hidrogênio	momento dipolo
AVA2018 66	van der Waals (interações)	ligação de hidrogênio	viscosidade	ponto de fusão	solubilização
AVA2018 67	polarizabilidade	soluções	DNA	Partição	Simulações
AVA2018 68	temperatura de ebulição	ligações de hidrogênio	eletronegatividade	estado físico	força de interações intermoleculares
AVA2018 69	força	eletrostática	nuvem eletrônica	atração	repulsão
AVA2018 70	forças	ligações	energia	propriedades	nuvem eletrônica
AVA2018 71	ligação química	força da ligação	retículo	geometria da ligação	propriedades químicas
AVA2018 72	força da ligação	van de Waals	elétrons	ligação	moléculas
AVA2018 73	forças de atração	ligação de hidrogênio	ponto de ebulição	dispersão de London	dipolo
AVA2018 74	força	atração/repulsão	geometria	polaridade	estado de agregação
AVA2018 75	ligações químicas	ligações de hidrogênio	forças de van der Waals	reações	estrutura

AVA2018 76	Estabilização	Afinidade química	entropia	superfície	bulk
AVA2018 77	van der Waals	Pontes de hidrogênio	ligações químicas	moléculas	Polar/apolar
AVA2018 78	ligação química	van der Waals	polar	apolar	covalente
AVA2018 79	ligação de hidrogênio	cargas parciais	momento de dipolo (permanente/instantâneo)	polarizabilidade	ponto de ebulição
AVA2018 80	cargas	elétrons	nuvens eletrônicas	repulsão	polarizabilidade
AVA2018 81	conformação	energia	água	ponte de hidrogênio	ponto de fusão
AVA2018 82	estabilização	ligação de hidrogênio	energia livre de Gibbs	ponto de ebulição	ordenação
AVA2018 83	polarizabilidade	propriedades do material	ligação de hidrogênio	água	elétrons
AVA2015 1	ligação química	elétron	estrutura molecular	forças	molécula
AVA2015 2	propriedades	solubilidade	físico-química	molécula	afinidade
AVA2015 3	dipolo	interação de van der Waals	polarizabilidade	estrutura molecular	tamanho
AVA2015 4	molécula	energia	soluções	ligação de hidrogênio	interação de van der Waals
AVA2015 5	interação eletrostática	interação de van der Waals	dipolo induzido	dipolo-dipolo	ligação de hidrogênio
AVA2015 6	interação eletrostática	molécula	ligação de hidrogênio	solvatação	dissolução
AVA2015 7	ponto de ebulição	ponto de fusão	estado da matéria	interação de van der Waals	matéria
AVA2015 8	ligação química	molécula	interação de van der Waals	água	ligação de hidrogênio
AVA2015 9	ligação química	ligação de hidrogênio	cargas	dipolo	forças de London
AVA2015 10	ligação de hidrogênio	dipolo	cargas	molécula	forças
AVA2015 11	molécula	atração	forças	afinidade	coesão
AVA2015 12	ligação de hidrogênio	estabilidade	ponto de ebulição	interação de van der Waals	polaridade

AVA2015 13	ligação de hidrogênio	solubilidade	empacotamento	ponto de ebulição	ponto de fusão
AVA2015 14	polaridade	ligação de hidrogênio	apolar	molécula	efeito hidrofóbico
AVA2015 15	ligação química	surpreendente	molécula	complexos	modelo
AVA2015 16	cargas	polos	atração	repulsão	fase
AVA2015 17	polaridade	solvente	solubilidade	forças	dissolução
AVA2015 18	solubilidade	ponto de fusão	ponto de ebulição	energia	ligação de hidrogênio
AVA2015 19	interação de van der Waals	ligação química	comprimento de ligação	energia	orbitais moleculares
AVA2015 20	ligação química	repulsão	blindagem	tamanho	eletronegatividade
AVA2015 21	interação de van der Waals	ligação de hidrogênio	compostos	molécula	interação
AVA2015 22	atração	ponto de ebulição	empacotamento	dipolo	ligação de hidrogênio
AVA2015 23	solubilidade	ponto de fusão	pressão de vapor	entropia	ponto de ebulição
AVA2015 24	interação de van der Waals	ponto de ebulição	ponto de fusão	propriedades	lagartixa
AVA2015 25	ligação de hidrogênio	interação de van der Waals	dipolo	momento magnético	comprimento de ligação
AVA2015 26	polaridade	interação de van der Waals	ligação de hidrogênio	estrutura molecular	propriedades
AVA2015 27	ligação química	ligação covalente	interação eletrostática	coesão	atração
AVA2015 28	energia	estabilidade	ligação de hidrogênio	estrutura molecular	biomolécula/proteína
AVA2015 29	efetivas	forças	fraco	interação de van der Waals	interação
AVA2015 30	ligação de hidrogênio	fraco	ligação covalente	polaridade	interação eletrostática
AVA2015 31	interação de van der Waals	ligação química	dipolo-dipolo	dipolo induzido	ligação de hidrogênio
AVA2015 32	polaridade	interação de van der Waals	pressão de vapor	ligação de hidrogênio	dipolo

AVA2015 33	ligação química	interação de van der Waals	água	dipolo	cargas
AVA2015 34	ponto de fusão	ponto de ebulição	estrutura molecular	polaridade	apolar
AVA2015 35	dipolo	ligação de hidrogênio	elétron	interação de van der Waals	afinidade
AVA2015 36	ligação química	molécula	solvente	atração	repulsão
AVA2015 37	ligação de hidrogênio	ligação química	coligativas		
AVA2015 38	polaridade	ligação de hidrogênio	estado da matéria	energia	temperatura
AVA2015 39	ligação de hidrogênio	interação de van der Waals	entropia	orbitais moleculares	tensão superficial
AVA2015 40	polarizabilidade	atração	influência	empacotamento	estado da matéria
AVA2015 41	atração	repulsão	energia	entropia	molécula
AVA2015 42	dipolo	cargas	atração	ponto de ebulição	interação eletrostática
AVA2015 43	estabilidade	energia	propriedades	interação	solubilidade
AVA2015 44	interações intramoleculares	ligação de hidrogênio	intensidade de ligação	bioquímica	interação de van der Waals
AVA2015 45	ligação de hidrogênio	dipolo	interação de van der Waals	água	bioquímica
AVA2015 46	dipolo	solubilidade	interação de van der Waals	estado da matéria	tensão superficial
AVA2015 47	ligação de hidrogênio	dipolo	água	polaridade	estado da matéria
AVA2015 48	afinidade	reações químicas	comportamento	polaridade	elétron
AVA2015 49	estrutura molecular	propriedades	superfícies	função	energia
AVA2015 50	forças de London	ligação de hidrogênio	polarizabilidade	forças	dipolo
AVA2015 51	orbitais moleculares	propriedades	ligação química	molécula	átomos
AVA2015 52	forças intermoleculares	interações intramoleculares	reatividade	elétron	estrutura molecular
AVA2015 53	ligação de hidrogênio	interação de van der Waals	ligação química	ligação iônica	dipolo-dipolo

AVA2015 54	interação de van der Waals	forças intermoleculares	reações químicas	viscosidade	reatividade
AVA2015 55	interação eletrostática	solvente	energia	íon	soluções
AVA2015 56	raio atômico	polarizabilidade	ligação de hidrogênio	momento de dipolo	cargas
AVA2015 57	energia	átomos	ligação química	raio atômico	densidade eletrônica
AVA2015 58	molécula	átomos	densidade eletrônica	elétron	
AVA2015 59	ligação de hidrogênio	interação de van der Waals	dipolo	ponto de ebulição	estado da matéria
AVA2015 60	ligação de hidrogênio	forças de London	dipolo-dipolo	íon dipolo	ponto de ebulição
AVA2015 61	interação de van der Waals	interação eletrostática	forças	estrutura molecular	elétron
AVA2015 62	ligação de hidrogênio	dipolo induzido	dipolo-dipolo	interação de van der Waals	momento de dipolo