



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE QUÍMICA-LICENCIATURA

DANIELA DE OLIVEIRA LOPES

AS CONTRIBUIÇÕES DO USO DAS TRÊS DIMENSÕES DO CONHECIMENTO
QUÍMICO PARA A APRENDIZAGEM DE FENÔMENOS RELACIONADOS À
ÁGUA POR ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE QUIPAPÁ -PE

Caruaru

2022

DANIELA DE OLIVEIRA LOPES

**AS CONTRIBUIÇÕES DO USO DAS TRÊS DIMENSÕES DO CONHECIMENTO
QUÍMICO PARA A APRENDIZAGEM DE FENÔMENOS RELACIONADOS À
ÁGUA POR ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE QUIPAPÁ -PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Química-
Licenciatura do Campus Agreste da
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE,
na modalidade de monografia, como requisito
parcial para a obtenção do grau de licenciada
em Química.

Área de concentração: Ensino de Química.

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

Caruaru

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lopes, Daniela de Oliveira.

As contribuições do uso das três dimensões do conhecimento químico para a aprendizagem de fenômenos relacionados à água por alunos de uma escola pública de quipapá-pe / Daniela de Oliveira Lopes. - Caruaru, 2022.

71 : il.

Orientador(a): Ana Paula de Freitas de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Química - Licenciatura, 2022.

Inclui referências, apêndices.

1. Ensino de química. 2. aprendizagem. 3. representações. I. Souza, Ana Paula de Freitas de. (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

DANIELA DE OLIVEIRA LOPES

**AS CONTRIBUIÇÕES DO USO DAS TRÊS DIMENSÕES DO CONHECIMENTO
QUÍMICO PARA A APRENDIZAGEM DE FENÔMENOS RELACIONADOS À
ÁGUA POR ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE QUIPAPÁ -PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Química-
Licenciatura do Campus Agreste da
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE,
na modalidade de monografia, como requisito
parcial para a obtenção do grau de licenciada
em Química.

Aprovada em: 23/05/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^a. Ana Paula de Souza de Freitas (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Roberto Araújo Sá (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^ª. Dr^a. Regina Célia Barbosa de Oliveira (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma discussão acerca das contribuições do uso das três dimensões do conhecimento químico para a aprendizagem de fenômenos relacionados à água por alunos de uma escola pública de Quipapá-PE. Trata-se de uma pesquisa de natureza básica, qualitativa. Para a construção de dados foram utilizados como instrumentos o questionário e intervenção. Essa etapa foi dividida em três: aplicação do primeiro questionário, aula de intervenção e aplicação do segundo questionário. Este último com um intervalo de sete dias após a intervenção. Tais instrumentos permitiram recolher informações dos alunos de uma turma do segundo ano do ensino médio situada no referente município. Por sua vez, a interpretação dos dados foi feita por meio da análise dos conhecimentos dos alunos em relação a alguns fenômenos relacionados à água no que diz respeito às dimensões macroscópica, submicroscópica e simbólica da Química. Tal análise foi feita através de um critério previamente estabelecido o qual possibilitou a segmentação dos dados coletados em três categorias de respostas: adequadas, parcialmente adequadas e inadequadas. Os resultados obtidos demonstraram que os alunos possuíam dificuldade em entender os conteúdos propostos no que diz respeito aos níveis de representação, apresentando mais facilidade na dimensão macroscópica, e considerável dificuldade na submicroscópica, estando a representação simbólica em um meio termo.

Palavras-chave: Ensino de Química; Aprendizagem; Representações.

ABSTRACT

The present work presents a discussion about the contributions of the use of the three dimensions of chemical knowledge for the learning of phenomena related to water by students of a public school in Quipapá-PE. This is a basic, qualitative research. For the construction of data, the questionnaire and intervention were used as instruments. This stage was divided into three: application of the first questionnaire, intervention class and application of the second questionnaire. The latter with an interval of seven days after the intervention. Such instruments made it possible to collect information from students in a second year high school class located in the referred municipality. In turn, the interpretation of the data was made through the analysis of the students' knowledge in relation to some phenomena related to water with regard to the macroscopic, submicroscopic and symbolic dimensions of Chemistry. Such analysis was carried out using a previously established criterion which made it possible to segment the collected data into three categories of responses: adequate, partially adequate and inadequate. The results obtained showed that the students had difficulty in understanding the proposed contents with regard to the levels of representation, presenting more ease in the macroscopic dimension, and considerable difficulty in the submicroscopic, with the symbolic representation in a middle ground.

Keywords: Chemistry teaching; learning; representations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Triângulo de Johnstone para representação das dimensões químicas.....	15
Figura 2 –	Representação da estrutura Molecular da Água.....	23
Figura 3 –	Representação das interações entre as moléculas de água nos diferentes estados físicos.....	25
Figura 4 –	Primeira questão do questionário 1.....	31
Figura 5 –	Imagens das respostas consideradas parcialmente corretas para a questão 1.....	33
Figura 6 –	Segunda questão do questionário 1.....	34
Figura 7 –	Exemplo de resposta considerada parcialmente adequada para a segunda questão.....	35
Figura 8 –	Exemplo de resposta considerada inadequada para a segunda questão.....	36
Figura 9 –	Terceira questão do questionário 1.....	37
Figura 10 –	Exemplo de resposta considerada adequada para a terceira questão.....	38
Figura 11 –	Quarta questão do questionário 1.....	39
Figura 12 –	Exemplo de resposta considerada adequada para a quarta questão.....	40
Figura 13 –	Sentido de maior dificuldade referente às dificuldades dos alunos.....	40
Figura 14 –	Exemplo de resposta considerada adequada.....	43
Figura 15 –	Exemplo de respostas consideradas parcialmente adequadas para o 2º questionamento.....	43
Figura 16 –	Imagens utilizadas para representar os estados de agregação das moléculas de água.....	44
Figura 17 –	Exemplo de resposta classificada como parcialmente adequada.....	45
Figura 18 –	Exemplo de respostas consideradas inadequadas.....	46
Figura 19 –	Representação das interações entre as moléculas de água.....	47
Figura 20 –	Slides utilizados para representar a transição entre os três níveis de representações da química para os estados físicos da água.....	48
Figura 21 –	Primeira questão do questionário 2 aplicado.....	49

Figura 22 –	Exemplo de respostas consideradas adequadas para a questão 1 do segundo questionário.....	51
Figura 23 –	Exemplo de respostas consideradas parcialmente adequadas para a questão 1.....	52
Figura 24 –	Exemplo de respostas consideradas inadequadas para a questão 1....	53
Figura 25 –	Segunda questão do questionário 2 aplicado.....	54
Figura 26 –	Exemplo de respostas consideradas parcialmente adequadas para a questão 2.....	55
Figura 27 –	Imagens das respostas consideradas inadequadas para a questão 2.....	56
Figura 28 –	Terceira questão do questionário 2 aplicado.....	57
Figura 29 –	Exemplo de respostas consideradas parcialmente adequadas para a questão 3.....	58
Figura 30 –	Exemplo de respostas consideradas adequadas para a questão 3....	58
Figura 31 –	Exemplo de respostas consideradas inadequada para a questão 3.....	59
Figura 32 –	Exemplo de respostas consideradas adequadas para a questão 4.....	60
Figura 33 –	Exemplo de respostas consideradas parcialmente adequadas para a questão 4.....	60
Figura 34 –	Sentido da dificuldade apresentada nas respostas.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Critérios de análise da 1ª questão e resultados obtidos.....	31
Quadro 2 –	Critérios de análise da 2ª questão e resultados obtidos.....	34
Quadro 3 –	Critérios de análise da 3ª questão e resultados obtidos.....	37
Quadro 4 –	Critérios de análises da 4ª questão e resultados obtidos.....	39
Quadro 5 –	Classificação das respostas dos alunos para o 2º questionamento e resultados obtidos.....	42
Quadro 6 –	Classificação das Respostas dos alunos para o 3º questionamento (Como vocês representariam as interações entre as moléculas de água no fenômeno da tensão superficial, de forma que explique o que foi observado no vídeo?) e resultados obtidos.....	45
Quadro 7 –	Critérios de análise e Resultados obtidos para a questão 1 do segundo questionário.....	50
Quadro 8 –	Critérios de análises da 2º questão e resultados obtidos.....	54
Quadro 9 –	Critérios de análises da 3º questão e resultados obtidos.....	57
Quadro 10 –	Critérios de análises da 4º questão e resultados obtidos.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	OBJETIVO GERAL.....	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1	QUAIS OS TRÊS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO?.....	14
3.2	A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA.....	16
3.3	O PAPEL DA REPRESENTAÇÃO SUBMICROSCÓPICA NO ENSINO DE QUÍMICA.....	19
3.4	PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA EM UMA PERSPECTIVA SUBMICROSCÓPICA.....	22
4	METODOLOGIA.....	27
4.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	27
4.2	SUJEITOS E CAMPO DE PESQUISA.....	27
4.3	COLETA DE DADOS.....	28
4.4	ANÁLISE DOS DADOS.....	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1	RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.....	30
5.2	RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DA INTERVENÇÃO.....	41
5.3	RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO 2º QUESTIONÁRIO APÓS A INTERVENÇÃO.....	49
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO Nº 1.....	67
	APÊNDICE B – PLANO DE AULA.....	68
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO Nº 2.....	70
	APÊNDICE D – TABELA DE CATEGORIAS PARA ANÁLISE DAS RESPOSTAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

Existem três representações que abrangem o ensino da química: o simbólico, o macroscópico e o submicroscópico (WARTHA; REZENDE, 2011). Essas três dimensões estão interligadas e estabelecem entre si uma relação de interdependência, por isso, para o ensino se concretizar, é preciso que cada uma esteja em consenso com as outras. A representação simbólica é aquela que abrange as fórmulas, equações e símbolos, a macroscópica é a que está relacionada às dimensões visíveis dos fenômenos físico-químicos dessa ciência, e a microscópica é a que envolve as dimensões invisíveis, proporcionando um entendimento dos fenômenos macroscópicos a um nível molecular. As três estabelecem a fundamentação da química e cada uma tem sua devida importância no processo de aprendizagem, fazendo com que ao se ignorar uma delas o saber químico não se constitua por completo (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Neste trabalho abordaremos as três dimensões, mas focaremos mais especificamente na dimensão microscópica da química, também denominada de submicroscópica, analisando qual sua importância na construção do conhecimento desta matéria em relação ao conteúdo proposto, a partir das representações em uma perspectiva atômica e molecular, uma vez que um dos problemas na aprendizagem da química é quando a forma de ensino não dá a devida importância à abordagem dos conteúdos nessa perspectiva, como relata Johnstone, afirmando que esse ensino se dá na, maioria das vezes, apenas nas outras duas representações, a macroscópica e a simbólica, o que tem dificultado o processo de ensino e aprendizagem (JOHNSTONE, 2009 apud WARTHA; REZENDE, 2011).

Esse problema, mencionado por Johnstone, pode contribuir para que o entendimento dos conteúdos por parte dos alunos seja resumido à memorização de fórmulas, de símbolos ou até mesmo de fragmentos dos conceitos. Além disso, esta prática pode dificultar a construção de um pensamento crítico a respeito do que está sendo tratado e, pode contribuir para que haja mais dificuldades no aprendizado da disciplina, pois uma perspectiva nessa dimensão é o que complementa e ajuda na estruturação do conhecimento, e ao discutir o assunto a um nível submicroscópico são inseridos aspectos mais específicos da Química em relação ao que se vê na realidade (MELO; SILVA, 2019)

Essa representação é destacada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a qual enfatiza que no ensino de ciências para o 9º ano os estudantes precisam “investigar as mudanças de estado físico da matéria e explicar essas transformações com base no modelo de constituição submicroscópica” (BRASIL, 2017, p. 351). Logo, diante do dever de dar

destaque a representação supracitada ainda no Ensino Fundamental, espera-se que, no segundo ano do Ensino Médio, o educando seja capaz de entender e representar os fenômenos em um nível atômico e molecular.

Entretanto, o desenvolvimento dessas habilidades e competências pode acabar não se concretizando na sala de aula quando o aluno estiver no nível médio, caso não haja um método de ensino que busque relacionar, desde o ensino fundamental, as duas formas de representações, a macroscópica com a submicroscópica, e elas com a linguagem simbólica da química, que também se apresenta como sendo fundamental e tem sua importância e eficácia destacada por diversos autores da área, como Batiston, Silva, e Kiouranis (2012, p. 2) que afirmam que:

A linguagem é de fundamental importância na elaboração conceitual e seu papel não é meramente de comunicar as ideias. Não é fácil para alunos de Ensino Médio imaginar abordagens tão microscópicas e tentar associá-las a objetos macroscópicos, onde as representações estruturais simbólicas são apresentadas.

Seguindo esse pensamento, é válido ressaltar que esses três níveis apresentam iguais relevâncias no ensino de ciências, sendo fundamentais suas abordagens no contexto do ensino da química, fazendo com que se tenha uma maior aproximação do cotidiano do aluno quando essas três formas forem exploradas (PAULETTI; ROSA; CATELLI, 2014). Dessa forma, transformações físicas da água podem ser observadas em situações rotineiras do dia a dia, como por exemplo no preparo de um café, na formação de cubos de gelo e até mesmo ato de colocar roupas para secar em um varal são. Situações como esta são formas de exemplificações de algumas transformações de fase da água.

Nesse sentido, será investigado: De que forma o uso das representações do conhecimento químico propostas por Johnstone no ensino de Química pode facilitar o entendimento de algumas propriedades físico-químicas da água por alunos do 2º ano do Ensino Médio?

Acreditamos que apesar desse assunto não apresentar um elevado nível de complexidade, muitos alunos do Ensino Médio têm dificuldade para associar o que ocorre a nível macroscópico (dimensão visível) com o mundo submicroscópico e sua representação simbólica, por estudar a disciplina de química, muitas vezes, decorando regras, conceitos e fórmulas, não sabendo, satisfatoriamente, associar o que observam em uma experimentação com o que está acontecendo no mundo microscópico (átomos e partículas), por exemplo. No caso específico da abordagem a nível molecular, esta pode proporcionar um entendimento mais completo e um maior aprendizado da disciplina, pois estabelece uma visão ampla e uma

melhor compreensão da matéria e suas transformações, sendo a base para se entender o que acontece no nível macroscópico.

O assunto em questão, também pode ser mal compreendido pelos alunos do ensino médio que apresentam dificuldades no entendimento da química. Uma forma de minimizar essas dificuldades seria propor um ensino em que eles pudessem visualizar, por meio de modelos, o estado de agregação dos átomos em relação aos fenômenos físicos e químicos, analisando as propriedades da água, como por exemplo, seus estados físicos e alguns fenômenos apresentados por esta substância, como o da tensão superficial. Por conseguinte, buscamos verificar como o ensino por meio das três dimensões do conhecimento químico propostas por Johnstone pode auxiliar na compreensão de alguns fenômenos relacionados à água, por alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública estadual, localizada no município de Quipapá-PE.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar como o ensino por meio das três dimensões do conhecimento químico propostas por Johnstone pode auxiliar na compreensão de propriedades físico-químicas da água, por alunos do 2º ano do ensino médio de uma escola pública estadual, localizada no município de Quipapá-PE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar a compreensão dos alunos sobre o nível submicroscópico, macroscópico e simbólico da matéria.

Analisar como a representação submicroscópica e as demais dimensões do conhecimento químico contribuem para o entendimento de alguns fenômenos relacionados à água.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 QUAIS OS TRÊS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO?

Toda ciência apresenta suas especificidades e formas diferentes de abordagens, e com a química não é diferente, seu entendimento envolve a compreensão de três níveis do conhecimento químico: macroscópico, submicroscópico e simbólico. O primeiro trata os fenômenos físico-químicos da matéria a partir das transformações que podem ser visualizadas a olho nu, como por exemplo, o processo de solidificação da água ou o processo de vaporização desta. A outra dimensão é a submicroscópica que aborda a parte não visível dos fenômenos, que envolve o que acontece a um nível atômico e molecular. Essa forma de representação possibilita entender o processo de solidificação da água, visualizando a partir de modelos o comportamento dos átomos e das moléculas, proporcionando uma segunda visão que auxilia no entendimento do que acontece no mundo macroscópico a partir da organização das partículas no nível submicroscópico.

Além dessas, existe uma terceira, denominada de parte simbólica da química, nessa são representadas as duas dimensões supracitados em forma de símbolos, fórmulas e equações químicas (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018). Através da representação supracitada, os fenômenos podem ser organizados e estruturados estabelecendo, assim, um padrão nas formas de representações desses. Dessa forma, a linguagem da química facilita a sua utilização e ilustração, tornando-a acessível a todos, pois, proporciona uma forma de representar esta ciência de maneira universal e específica.

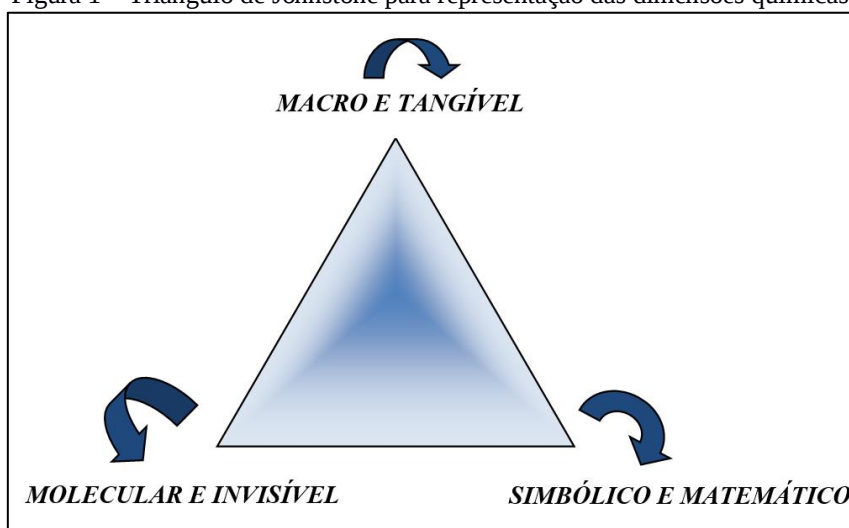
Um dos primeiros estudiosos a propor essas três dimensões, bem como a ressaltar a importância delas no ensino da química, foi Alex Johnstone. Ele elaborou um trabalho discutindo as dificuldades vivenciadas por professores e alunos no estudo dos conceitos dessa ciência. Em seu trabalho ele evidencia a existência e a correlação desses três níveis de representação química, denominados por ele de: macro e tangível, molecular e invisível, simbólico e matemático. Com isso, Johnstone (2009) em seu artigo apresenta essas três formas de conhecimento químico através de um triângulo que se constituem como sendo os três pilares da representação química (MELO, 2016). Segundo Wartha e Rezende (2011, p. 278):

De acordo com esse modelo, uma transformação química pode ser explicada em cada um dos três componentes. No nível macroscópico, como descrição da situação empírica, no nível submicroscópico pode explicá-la pelo modelo de partículas e no nível simbólico, representa-se a transformação química por fórmulas e equações.

Este modelo apresentado por Johnstone, embora tenha sido elaborado há muitos anos, ainda prevalece e é tido como referência até os dias de hoje, trazendo a idéia da importância da abordagem dessas três representações e evidenciando suas especificidades, acrescentando que, no contexto do ensino de química, é fundamental que as dimensões macroscópica, submicroscópica e simbólica sejam exploradas. Sobre isso, o autor recomenda que ocorra de forma individual e em seguida que se estabeleçam relações entre elas, para, assim, como destacado por Jhonstone, interligá-las de maneira que o preceptor em momento de aula possa instruir o aluno a ‘viajar’ entre os vértices do triângulo, levando-o ao centro deste (MELO, 2016).

A partir do modelo de representação de Johnstone (2009) citado por Melo (2016), o estudo da química compreende os três níveis supracitados, mas é importante destacar que não há existência de uma hierarquia entre estes, ou seja, eles possuem igual relevância no contexto do ensino (Figura 1).

Figura 1 – Triângulo de Johnstone para representação das dimensões químicas



Fonte: Elaboração própria (2022) com os dados de Johnstone (2009, p. 24 apud MELO, 2016).

O triângulo acima evidencia a sistematização dos pensamentos e estudos de Johnstone, os quais resultaram na elaboração da base de interpretação da referida ciência, e, como já mencionado acima, prevalecem até os dias atuais. Por outro lado, é importante destacar que a química além de ser uma ciência multidimensional, por exigir uma compreensão em três níveis de conhecimento, apresenta um longo contexto histórico-social com diversos protagonistas que tiveram participações e contribuições na formulação, construção, e interpretação desta ciência, resultando nos conhecimentos atuais, os quais possibilitaram o

entendimento da matéria e suas transformações, tendo, portanto, diversas contribuições em muitas áreas que influenciam e afetam a vida humana.

Assim, pode-se dizer que a referida ciência requer uma interpretação com base em análise de mais de uma dimensão. Nesse sentido, é válido ressaltar que “representação é uma operação cognitiva que as pessoas realizam quando se referem a objetos e fenômenos com os quais entram em interação” (WARTHA; GUZZI FILHO; JESUS, 2012, p. 1). O que se infere desta afirmação é que para compreensão da Química é necessário um cognitivismo a respeito do que está sendo tratado, não apenas em um aspecto, mas envolvendo os três níveis supracitados, o que nos leva a refletir sobre a importância da especificidade de cada ciência no contexto do ensino, a qual determinará uma melhor compreensão, ou não, dos educandos em relação aos conteúdos abordados.

Tendo em vista sua elevada importância no contexto do ensino, os níveis de representações devem ser não apenas compreendidos, mas sim estudados e analisados de forma a se estabelecer qual o papel de cada dimensão no contexto do ensino do conteúdo a ser abordado, pois isso determinará o êxito na aprendizagem do educando em relação à estratégia metodológica utilizada (MELO, 2016). O nível de representação submicroscópico, por ser o mais abstrato, estimula o pensamento através da imaginação, nessa dimensão o preceptor tem a possibilidade de proporcionar o raciocínio dos alunos levando-os a reflexão sobre o que está sendo estudado (WARTHA; REZENDE 2011). O que facilita e propicia o entendimento dos fenômenos visualizados, adentrando na representação macroscópica da Química que em conjunto com a dimensão supracitada facilita a interpretação através da representação simbólica, o que evidencia a importância da correlação e dependência que se estabelece entre as três dimensões do conhecimento químico (WARTHA; REZENDE 2011).

Portanto, pode-se afirmar que os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico são dimensões vitais na interpretação da Química, o que nos leva a concluir que a ausência desses (ou de alguns deles) na abordagem desta ciência, pode resultar em um ensino fragmentado, pois a base para interpretação dela consiste no estudo abrangendo os três níveis mencionados, e por isso se dá a importância de ressaltar a utilização desses, bem como, a sua função no contexto do ensino.

3.2 A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

O ensino de Química requer uma abordagem específica, que abranja seus aspectos multidimensionais de forma a explorar e relacionar os três níveis de representação: submicroscópica, macroscópica e simbólica. No entanto, é preciso salientar que, no contexto do ensino da referida ciência, é fundamental abranger, também, seu contexto histórico-social, pois embora as três dimensões supracitadas sejam a base para a interpretação desta, a educação compreende um processo formativo em que se leve em consideração os diversos aspectos e características específicas de cada ciência, os quais são indispensáveis para que o educando desenvolva certas habilidades e competências.

Assim sendo, quando há a ausência da exploração dessas representações, o entendimento e interesse por parte dos alunos sobre o que está sendo ensinado pode não se efetivar como seria o esperado. Como já mencionado, um dos primeiros autores a discutir as problemáticas em relação a este assunto no estudo dos conceitos químicos foi Johnstone (2009), ele propôs três níveis de representações, deixando claro que não existe uma hierarquia entre eles, ou seja, deve-se dar igual importância as três representações na abordagem do ensino de química, de forma a contemplar simetricamente os aspectos de cada nível acentuado por ele (MELO, 2016).

Entretanto, segundo Melo e Silva (2019), existe no contexto do ensino de ciências, uma falta de demarcação na representação desses níveis, fazendo com que se tenha uma maior dificuldade no aprendizado dos conceitos por parte dos alunos. Para Pauletti, Rosa e Catelli (2014) a busca por formas que modelam os fenômenos químicos dessa ciência, em uma perspectiva de difícil percepção humana, se apresenta desde o princípio da química e isso pode ser um indício que esta é sim uma ciência visual. Por isso, é comum as dificuldades apresentadas por estudantes em conseguir a visualização dos fenômenos e, por consequência, não se tem um bom entendimento desses, e isso acontece quando não são exploradas e relacionadas à parte visível com a parte submicroscópica, e, a estas, a parte simbólica no contexto do ensino.

Sendo assim, a construção do conhecimento químico é resultado da compreensão dessas três dimensões, pois uma auxilia e dá sustentação a outra. No entanto, é preciso atentar-se para forma de abordagem, pois Melo (2016) destaca que, segundo Johnstone, quando o preceptor da aula aborda os conteúdos relacionando-os simultaneamente com as três dimensões o aluno pode ficar sobrecarregado. Uma opção para evitar esse problema seria “trabalhar um vértice do triângulo por vez, seguido pelo uso de um lado (aresta) e caminhar para os outros vértices, para depois levar o aluno ao centro do triângulo” (JOHNSTONE, 2006 apud MELO, 2016, p. 18). Dessa forma o aluno poderá organizar em mente os

conhecimentos prévios adquiridos se pode, então, associá-los de forma a ‘transitar’ entre os vértices do triângulo e posteriormente dentro deste.

Nos fenômenos envolvendo a água, por exemplo, é de suma importância colocar em evidência não apenas os aspectos relacionados às propriedades da água, mas também proporcionar uma visão desses acontecimentos de forma a entendê-los em um nível molecular, para assim, promover uma conciliação com a linguagem simbólica. Outra questão a ser analisada é que no processo de ensino e aprendizagem da Química, é necessário que se busque todos os meios e métodos possíveis para se facilitar e potencializar a visualização e entendimento das três dimensões, e, assim se ter a construção e consolidação do saber químico. Para isso, existem formas de ensino que podem facilitar esses objetivos, como menciona os autores:

Esse ensino deve despertar o interesse dos estudantes, deve ser motivador, lúdico e inicialmente ligado aos sentidos. Um ensino que privilegia a fusão de aulas teóricas e práticas potencializa a transição entre os três níveis essenciais para a compreensão do conhecimento químico, resgatando assim uma faceta absolutamente essencial dessa ciência. (PAULETTI; ROSA; CATELLI; 2014, p. 127)

Dessa forma, é necessário entender a importância de considerar as representações submicroscópicas, macroscópicas e simbólicas no contexto do ensino de química, sem esquecer que nenhuma se apresenta como sendo superior a outra, elas se complementam, e, quando exploradas em conjunto, possibilitam que os alunos transitem entre elas e obtenham, assim, melhores níveis de compreensão em relação a esta Ciência, pois, como relata Pauletti, Rosa e Catelli (2014, p. 127) “é incontestável que um ensino que privilegie os três níveis supracitados, poderá resgatar elementos do cotidiano, além de aproximar a Química do contexto do estudante, fazendo assim, talvez, mais sentido a este estudante”.

Corroborando com esse pensamento, é imprescindível destacar o papel do professor na construção desse conhecimento, este deve conduzir o aluno através de uma metodologia que possibilite a ele transitar entre as três dimensões mencionadas, de forma a favorecer significativamente a sua aprendizagem. Nesse contexto, os autores Santos, Melo e Andrade (2015, p. 40) destacam que “no processo de ensino e aprendizagem é função do professor desenvolver estratégias, recursos e modelos conceituais que proporcionem ao aluno subsídios para a construção e evolução dos seus modelos mentais”. Considerando o conceito de modelos mentais como sendo “representações internas de fenômenos ou conceitos” (JOHNSON-LAIRD, 1983 apud SETTI; GIBIN; FERREIRA, 2019, p. 544), é interessante evidenciar a importância da função do preceptor na construção dessas representações no

ensino de Química, pois ela requer métodos específicos de abordagens para que o aluno consiga transitar entre as diferentes dimensões.

Ademais, para que o educando consiga desenvolver habilidades suficientes para entender os fenômenos visíveis, no que diz respeito à referida ciência, e associá-los simultaneamente com o que está acontecendo na parte não visível, é imprescindível que este, através da orientação do professor, tenha tido em mente as concepções de cada vértice separadamente, como já destacado por autores supracitados. Assim, o aluno poderá ter autonomia para que, através de suas concepções internas dos conceitos abordados da parte submicroscópica e macroscópica, ele possa não apenas entender, mas também representar esses fenômenos fazendo uso da simbologia química.

Em consonância com esse pensamento os autores Setti, Gibin e Ferreira (2019, p. 543) afirmam que:

Para que ocorra um aprendizado, com significado para o aluno, é necessário que o estudante tenha estruturas mentais que o permitam abstrair e compreender a ideia do modelo, sem deixar de lado o fato de que o mesmo serve para explicar um fenômeno que não pode ser visto, mas que possui várias evidências que argumentam a favor dele.

Por conseguinte, é nítida a importância de se estabelecer um ensino que privilegie abordagens específicas da Química na construção do conhecimento, visto que, para que o aluno desenvolva uma boa aprendizagem são necessárias estruturas mentais, e estas, só serão desenvolvidas quando aquele obtiver a capacidade de transitar entre os vértices do triângulo de Jhonstone e, posteriormente, dentro deste, posto que, como destaca os autores Melo e Silva (2019 p.307), “o aprendizado desses conceitos exige que os estudantes desenvolvam uma consciência reflexiva, se apropriando de regras lógicas que permitam ligar um significado a outro, refletindo sobre seu próprio ato de pensar”.

3.3 O PAPEL DA REPRESENTAÇÃO SUBMICROSCÓPICA NO ENSINO DE QUÍMICA

Um dos problemas apresentados hoje no ensino de química é que muitos professores baseiam o seu ensino apenas em dois níveis de representação, sem dar ênfase, no contexto do ensino, ao aspecto submicroscópico. Wartha e Rezende (2011) trazem uma problemática comentada por Johnstone, em que o ensino se dá quase que exclusivamente em apenas dois dos vértices do triângulo (macroscópico e simbólico). Essa atitude faz com que haja uma limitação na construção do conhecimento por parte dos alunos, pois esta prática acaba

deixando de lado aspectos mais estruturais os quais correspondem ao vértice submicroscópico, de acordo com o triângulo de Johnstone.

Além disso, a falta ou pouca exploração dos fenômenos físico-químicos da matéria em uma perspectiva submicroscópica, a qual fornece uma visualização a um nível atômico e molecular, acaba estimulando a prevalência de uma tradicionalidade no ensino de química, baseada em memorizar fórmulas e regras, pois, sem essa dimensão, não há um estímulo a imaginação e reflexão, os quais são proporcionados quando o professor coloca em evidência o que está ocorrendo em um nível não visível e o relaciona com a parte visível. Corroborando com esse pensamento Wartha e Rezende ressaltam que (2011, p. 276):

O conhecimento de fórmulas, equações, ligações e mecanismos de reações não deveriam ser o objetivo principal no ensino e aprendizagem de Química. Do nosso ponto de vista, seria mais importante o desenvolvimento da imaginação, em função das evidências observadas, dos dados analisados e da capacidade de criar modelos explicativos por meio da capacidade de representar átomos, moléculas e transformações químicas, por exemplo.

Ou seja, é importante uma abordagem que incentive o aluno a pensar e refletir sobre o que está sendo estudado, e para que esta habilidade seja desenvolvida, se tratando da química, o mais interessante seria o estímulo à imaginação em relação aos conteúdos que estão sendo abordados, para se ter em mente uma percepção do que acontece no mundo submicroscópico, e, então, poder relacionar com os aspectos macroscópicos dos fenômenos, pois, para interpretar a parte visível da química, é necessário entender o comportamento de átomos e de moléculas para então fazer relação com a representação simbólica desses fenômenos.

Nesse processo de entendimento da química, para transitar entre os vértices do triângulo de Johnstone é fundamental a exploração da dimensão que evidencie os fenômenos em uma perspectiva atômica e molecular, sendo essas, abordagens específicas e características do ensino da Química. Diante disso, percebe-se a importância de se estabelecer um ensino que abranja todos os aspectos fundamentais para o aprendizado do educando, fazendo com que haja um estímulo ao pensamento, fundamental para o desenvolvimento crítico-reflexivo, como mencionam os autores supracitados.

Sobre isso, a BNCC destaca como competências gerais da educação básica que no ensino deve-se “exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica e a imaginação” (BRASIL, 2017, p. 9). Sendo assim, levando em consideração a especificidade dessa ciência, faz-se necessário no ensino de química o estímulo ao pensamento crítico por meio da reflexão e da imaginação através de uma abordagem específica, pois, como mencionado por Sirhan (2007):

A Química é uma ciência abstrata e altamente conceitual, o que exige um esforço adicional para a sua compreensão. A consequência imediata é a existência de uma dificuldade peculiar, tanto para o ensino quanto para a aprendizagem na integração e transição entre os mundos macro, micro e simbólico. (SIRHAN, 2007 apud PAULETTI; ROSA; CATELLI, 2014, p. 125-126).

Assim sendo, pode-se considerar que o ensino que não aborda o nível de representação submicroscópico, ou não dá a devida ênfase a este, a construção da aprendizagem do aluno em relação a referida ciência não se constitui por completo, pois para se entender e interpretar os fenômenos químicos a partir do que acontece no mundo macroscópico, é indispensável o papel da representação supracitada na formulação e construção do conhecimento químico.

Outra questão a ser analisada é que em relação ao conteúdo a ser abordado nesta pesquisa, para a compreensão das propriedades físico-químicas da água é essencial entender as interações existentes entre as moléculas dessa substância, pois estas explicam diversos fenômenos da água. No entanto, há uma falta de ênfase no aspecto submicroscópico no entendimento dos conceitos mencionados acima, o qual gera um impasse na construção do conhecimento e pensamento reflexivo sobre o que está ocorrendo com os fenômenos analisados, pois, para entender, por exemplo, as mudanças de estados físicos da água e alguns de seus comportamentos, é fundamental saber o que ocorre em nível molecular nesse processo, o que não pode de maneira alguma ser ignorado.

Nesse contexto, o educando pode sentir mais dificuldade em seu processo de aprendizagem, uma vez que ele já pode apresentar objeção em relação a esse vértice do triângulo de Jhonstone na química, pois, como destacam os autores Wartha e Rezende(2011, p. 278):

Existe uma tendência dos alunos para explicarem os fenômenos químicos no plano macroscópico, pois dificilmente possuem competências ou de recursos simbólicos, no plano mental, para compreensão das transformações químicas num nível que requer uma maior capacidade de abstração como é o caso do nível submicroscópico.

Nessa perspectiva, é importante refletir sobre a importância de induzir o aluno a imaginar o comportamento de fenômenos a um nível molecular o que pode resultar em uma melhor compreensão a respeito do que está sendo visualizado na parte macroscópica desses, como exemplo, pode-se levar em consideração o processo de derretimento do gelo, em que é bem mais provável que haja um raciocínio quando é possível entender que o fornecimento do calor através do aumento da temperatura aumenta a energia cinética (movimento) das moléculas, causando um distanciamento destas, convertendo-se na fase líquida resultante. Ademais, pode-se afirmar que essa representação estimula o pensamento crítico reflexivo do

aluno através da indução do pensamento a respeito do que está correndo, o que resulta em um aprendizado mais significativo.

No entanto, a representação submicroscópica não é por si só a responsável pela melhor compreensão da Química, esta deve ser associada a forma de representação macroscópica e ambas associadas a dimensão simbólica. Assim, para esta pesquisa onde será verificada a compreensão dos estudantes do 2º ano do ensino médio a respeito das propriedades físico-químicas da água, em uma perspectiva submicroscópica, é necessário entender também, através dessas propriedades, as interações existentes entre as moléculas da água, bem como suas representações simbólicas, e poder, assim, associá-los conjuntamente e entender qual a função e importância da representação em questão a qual está sendo dada a ênfase neste trabalho. Portanto, faz-se necessário o entendimento do conteúdo no qual será investigado: alguns fenômenos relacionados à água.

3.4 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA EM UMA PERSPECTIVA SUBMICROSCÓPICA

Uma das substâncias mais abundantes e imprescindíveis para a vida é a água. Essa possui inúmeras utilidades e, habitualmente, faz parte do cotidiano de todos, visto que é a principal substância que compõe o corpo humano, o qual é constituído por cerca de 70% de água. Perante o exposto, é incontestável a afirmação de que existe grande proximidade entre os seres humanos e a água, sendo esta, portanto, uma forte ferramenta a ser utilizada em uma metodologia de ensino que vise o incentivo ao interesse do aluno diante do conteúdo proposto, uma vez que, por ser de conhecimento geral, pode despertar uma maior disposição e interesse para a aprendizagem diante do que está sendo abordado.

Posto isso, no que diz respeito à química, a compreensão das propriedades físico-químicas da água pode ser uma estratégia para auxiliar na relação das dimensões macroscópica, simbólica, e, principalmente, submicroscópica, que normalmente é deixada de lado como já mencionado. No entanto, esta proporciona entender com mais clareza aspectos dos fenômenos que não podem ser explicados a partir do que se observa a olho nu. Assim sendo, é interessante pôr em evidência o que Diesel, Baldez e Martins (2017, p. 283), afirmam, com base na teoria de Ausubel, que: “para que a aprendizagem seja significativa, o docente precisa levar em conta o conhecimento prévio do aluno, a potencialidade do material e a disposição do aprendiz em aprender”. Nesse contexto, entender a química da água pode proporcionar ao educando uma proximidade com a ciência supracitada por ser algo de

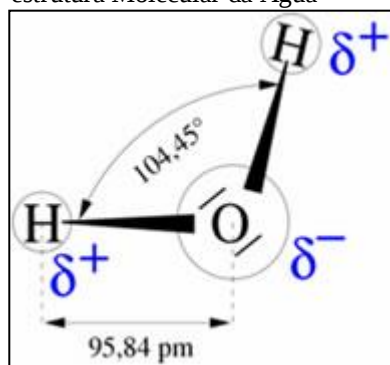
conhecimento geral, sendo parte do cotidiano e vida do educando, o referido conteúdo pode proporcionar um maior interesse por parte do aluno.

Assim, é importante compreender as suas propriedades, dentre elas, seus estados físicos e fenômenos relacionados a elas, como o menisco e a tensão superficial, por exemplo, bem como o entendimento da coesão e aderência, envolvidos nesse processo. Entretanto, é fundamental entender a princípio a estrutura molecular da água, e sobre isso Gomes e Clavico (2005, p. 3) destacam que:

A água tem uma estrutura molecular simples. Ela é composta de um átomo de oxigênio e dois átomos de hidrogênio. Cada átomo de hidrogênio liga-se covalentemente ao átomo de oxigênio, compartilhando com ele um par de elétrons. O oxigênio também tem um par de elétrons não compartilhados.

Apesar de apresentar-se com uma estrutura relativamente “simples” como destacam os autores, é justamente esse arranjo molecular que proporciona à água seus comportamentos anômalos e a ela são atribuídas características únicas como evidencia Gomes e Clavico (2005, p.3) “A água é única porque ocorre nos três estados da matéria – sólido, líquido e gasoso – sob condições atmosféricas bastante restritas”. Tais características são devidas a sua estrutura atômica e também aos tipos de interações intermoleculares, bem como ao modo com que as moléculas da água se associam nas fases sólida, líquida e gasosa. Assim sendo, é válido ressaltar que para a compreensão dos fenômenos supracitados, é primordial entender a estrutura molecular da água (Figura 2), pois esta compreensão facilitará o entendimento a respeito da coesão e aderência entre as moléculas de água.

Figura 2 – Representação da estrutura Molecular da Água



Fonte: Silva Júnior; Caetano (2010).

Ainda sobre a fórmula molecular da água Mortimer (1996, p. 21) destaca que:

A fórmula H_2O nada mais é que uma representação da substância. Como tal devemos usá-la, apropriando-nos das informações que ela pode nos fornecer mas tomando o cuidado de não confundi-la com a realidade da substância água, muito

mais complexa e profunda do que aquilo que duas letras do alfabeto e um número permitem antever.

Logo, é necessário entender que por trás de uma fórmula molecular simples com a representação de dois átomos se encontra uma estrutura que apresenta geometria molecular angular, como representado na figura 2, a qual apresenta dois pólos positivos em cada átomo de hidrogênio e um pólo negativo no átomo de oxigênio, o que lhe confere uma característica polar, e, como ressalta Souza (1998, p.2), “embora a molécula, como um todo, seja eletricamente neutra, a distribuição assimétrica de elétrons faz com que um lado da molécula seja carregado positivamente em relação ao outro”. Assim, a água consegue dissolver outras substâncias, pois as moléculas conseguem se associarem umas com as outras e seus polos interagem com pólos de outras moléculas conferindo-lhe sua característica de solvente universal tal como destaca Mortimer (1996, p. 20) que “uma das propriedades fundamentais da água é o fato de ela ser um solvente muito melhor que a maioria dos líquidos comuns. Essa propriedade está relacionada à polaridade da molécula de água”.

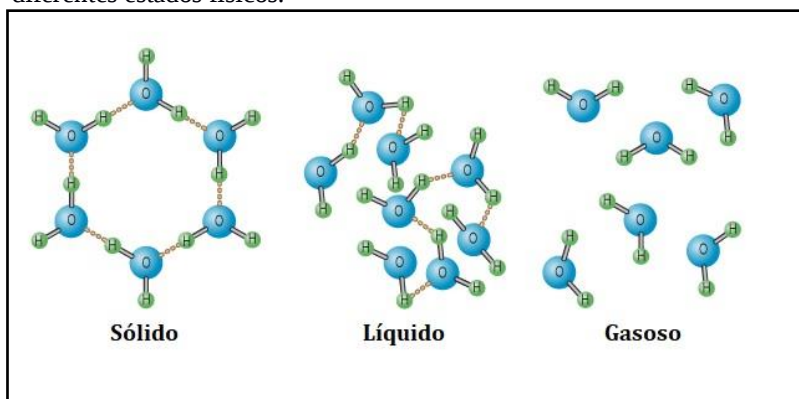
Além disso, outros fenômenos quando analisados em uma perspectiva submicroscópica podem ser melhor compreendidos, à exemplo, a capacidade que a água apresenta de se elevar em tubos estreitos, a chamada capilaridade da água, isso se deve às atrações que ocorrem entre as moléculas de água e as moléculas da superfície na qual estas estão em contato. Essa atração entre as moléculas da água e as moléculas do material a qual está em contato é chamada de força de adesão, essas forças mantêm a aderência de uma substância a uma superfície, o que explica a capilaridade da água (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Nesse contexto, destacam-se também as forças de coesão, estas por sua vez, “são as forças que unem as moléculas de uma substância que formam um material (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018, p.181), assim, no caso da água são as forças que unem cada molécula (H_2O). O balanço entre essas forças reflete em outro fenômeno apresentado pelas substâncias: o menisco. Esse é a superfície curva (côncava) que se forma em um tubo estreito com água, isso acontece devido a atração entre as moléculas de água e as moléculas da superfície do tubo serem mais fortes do que as forças coesivas entre as moléculas da água. Já no caso do mercúrio o menisco formado é curvado para baixo (convexo), pois as forças de coesão entre as moléculas do mercúrio são mais fortes que a força de adesão deste ao recipiente(ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Outra questão a ser analisada são os estados físicos da água, para entender como funciona o processo de mudança dos estados físicos dessa substância é necessário ter a

compreensão de seu comportamento a um nível molecular. Cada estado físico da água possui suas características e dependendo da quantidade de energia recebida ou perdida, podem ser alteradas provocando uma mudança no estado de agregação das moléculas resultando em uma mudança de fase. Esse estado de agregação específico de cada fase pode ser representado pela figura 3 destacada abaixo:

Figura 3 –Representação das interações entre as moléculas de água nos diferentes estados físicos.



Fonte: Exercícios... (2022).

Na figura 3 pode ser observado que para cada fase existe um estado de agregação específico entre as moléculas, com isso pode-se ressaltar a importância de proporcionar essa visão submicroscópica ao educando, assim ele poderá entender melhor como funciona a mudança de fase através do fornecimento de energia em forma calor, e só então posteriormente poderá entender a atuação das ligações de hidrogênio nesse comportamento, pois, como destacam Santos, Melo e Andrade (2015, p. 38):

Os modelos mentais são inacabados e evoluem à medida que o indivíduo adquire conhecimentos (MOREIRA, 1996) e os incorpora a sua estrutura mental. Esse processo está ligado à capacidade do indivíduo em prever e explicar determinado fenômeno à medida que o seu conhecimento evolui.

Assim, o aluno poderá desenvolver pouco a pouco as habilidades necessárias para entender o que acontece a nível molecular, para que, assim, tenhamos as diferentes fases ocorrendo em determinadas condições. Ademais, existem outras propriedades que merecem destaque, dentre elas a tensão superficial, uma característica que permite alguns insetos andar sobre a superfície da água, sobre essa propriedade Gomes e Clavico (2005) destacam que essa película elástica se dá devido às moléculas presentes na superfície não sofrerem atração em todos os sentidos como sofrem as moléculas posicionadas no interior do líquido, as moléculas situadas acima sofrem apenas atrações nas laterais e na superfície interna do líquido. Devido à ausência de atração na parte superior dessas moléculas as atrações laterais se tornam mais

fortes, as moléculas ficam, então, ligadas mais fortemente e, portanto, mais próximas umas das outras, o que resulta na chamada tensão superficial.

Diante do exposto é possível compreender a necessidade e importância de se estabelecer no contexto do ensino de Química uma compreensão dos fenômenos a um nível molecular o que remete a ênfase na representação submicroscópica desta ciência, a qual se torna fundamental não apenas para entender as propriedades físico-químicas da água, mas também entender o motivo da ocorrência de vários fenômenos e poder, então, explicá-los, pois, como relata Setti, Gibin e Ferreira (2019, p, 543) “é necessário que o estudante tenha estruturas mentais que o permitam abstrair e compreender a ideia do modelo, sem deixar de lado o fato de que o mesmo serve para explicar um fenômeno que não pode ser visto, mas que possui várias evidências”.

4 METODOLOGIA

Neste trabalho foi investigado de que forma um ensino com foco nas três dimensões do conhecimento químico, pode contribuir para que haja um melhor desenvolvimento da aprendizagem das propriedades físico-químicas da água e de alguns de seus fenômenos físicos por alunos do 2º ano de Ensino Médio. Assim, buscamos entender qual a importância da abordagem do aspecto submicroscópico no ensino de química, e, como ele pode auxiliar no entendimento das outras duas dimensões do conhecimento químico (simbólica e macroscópica).

Foram abordados fenômenos que envolvem as propriedades da água, de forma a entender como os alunos compreendem os três níveis do conhecimento químico, por exemplo, o processo de mudança de estado físico dessa substância e o fenômeno da tensão superficial, a partir do entendimento da sua estrutura molecular e do tipo de interação química existente entre as moléculas. Além disso, investigou-se a relevância da compreensão a nível molecular para auxiliar no entendimento desses conceitos.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho pode ser caracterizado como uma pesquisa descritiva, pois a intenção é entender e descrever a relação que se estabelece entre duas variáveis, e no caso a ser analisado foi estudado a abordagem de fenômenos da água em uma perspectiva submicroscópica associada às outras duas dimensões do conhecimento químico e seus efeitos na aprendizagem do assunto proposto (GIL, 2008). E quanto aos procedimentos de construção dos dados, esta pode ser caracterizada como documental. Em relação à abordagem metodológica, ou seja, como o problema será investigado e interpretado, ela pode ser classificada como uma pesquisa qualitativa, pois diferente da pesquisa quantitativa, esta não irá quantificar, mas sim entender as contribuições para a aprendizagem quando existe uma abordagem a nível molecular associada aos aspectos macroscópico e simbólico (GIL, 2008).

4.2 SUJEITOS E CAMPO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada com alunos do 2º ano do Ensino Médio de uma Escola de Referência, situada no município de Quipapá no estado de Pernambuco. Muitos alunos do ensino médio apresentam dificuldades na compreensão do nível submicroscópico da matéria e

apesar da fragilidade do ensino atual, os alunos começam a estudar química no 9º ano do ensino fundamental, depois aprofundam os conceitos no primeiro ano. Sendo assim, espera-se que alunos do 2º ano do ensino médio já tenham em mente os conceitos básicos e fundamentais e a percepção dos fenômenos a nível submicroscópico, por esse motivo eles foram escolhidos para o desenvolvimento da pesquisa.

4.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi dividida em três etapas, inicialmente, por meio de um questionário com perguntas fechadas e abertas, foram propostas perguntas para verificar se os alunos conseguem compreender o nível macroscópico através do nível submicroscópico da química, bem como representá-los simbolicamente. Além disso, buscamos verificar o nível de familiaridade desses alunos com os três níveis supracitados e se estes conseguem transitar entre as três dimensões. Posteriormente realizou-se uma aula de intervenção abordando os mesmos assuntos do questionário 1, no entanto, nesta etapa foram realizados questionamentos foram coletados durante a atividade para que os alunos pudessem demonstrar seus conhecimentos a respeito das três representações Químicas, com ênfase na submicroscópica.

Posteriormente a aula, foi aplicado outro questionário, este foi elaborado com três questões abertas. As duas primeiras com o objetivo de verificar se os alunos conseguem compreender os estados físicos da água e o fenômeno da tensão superficial, explicando o que é visível a partir do que não é visível, visto que foi dado a estes uma perspectiva submicroscópica a respeito desses conteúdos na proposta de intervenção. A terceira com o objetivo de verificar se, a partir da intervenção, os alunos conseguem transitar entre a parte macroscópica e simbólica da Química, e uma questão fechada, retirada do primeiro questionário para verificar se os alunos conseguem transitar entre os três níveis, ou seja, para verificar se houve ou não melhora na compreensão dos alunos a respeito dos assuntos abordados na etapa de intervenção. Nesse contexto, o questionário se apresenta como uma ferramenta que tem como vantagem abranger um maior quantitativo de pessoas, proporcionando um anonimato, fazendo com que a pessoa questionada se sinta mais à vontade para dar a sua resposta (GIL, 2008).

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Em relação à análise de dados, os resultados obtidos a partir dos questionários e das respostas aos questionamentos levantados na aula de intervenção passaram por uma análise qualitativa, e a interpretação dos dados foi realizada a partir de uma classificação das respostas em três categorias: respostas adequadas, parcialmente adequadas e inadequadas.

Após separadas as respostas, buscou-se identificar a frequência com que estas ocorriam e como demonstravam o domínio ou não das representações macroscópica, submicroscópica e simbólica pelos alunos, tentando identificar o que é mais recorrente, e se há presença de dificuldades em uma das dimensões, nas duas ou se não foi observado dificuldade, pois como destaca GIL (2008, p. 176) “a finalidade da análise não é simplesmente” descrever os resultados “mas promover algum tipo de explicação”.

Em seguida realizou-se a análise dos resultados obtidos ao longo das três etapas esta ocorreu de maneira comparativa, observando se houve ou não melhora/piora em relação às possíveis dificuldades apresentadas pelos alunos em relação ao entendimento dos conteúdos trabalhados, observando principalmente as possíveis mudanças com relação a dimensão submicroscópica, buscando estabelecer possíveis relações existentes entre os resultados antes e após a intervenção, pois como destaca GIL (2008, p. 176):

A principal ferramenta intelectual é a comparação. Os procedimentos comparativos são usados nos mais diversos momentos do processo de análise. Os dados obtidos, por sua vez, podem ser comparados com modelos já definidos, com dados de outras pesquisas e também com os próprios dados. Esta comparação é que possibilita estabelecer as categorias, definir sua amplitude, resumir o conteúdo de cada categoria e testar as hipóteses.

Assim, buscamos entender qual a relação entre as respostas dos alunos que apresentaram dificuldades no entendimento das representações macroscópica e simbólica, e como estas estão relacionadas ou não com a fragilidade na representação submicroscópica, propondo explicações com base nos resultados obtidos e no referencial teórico abordado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos na presente pesquisa, esta foi dividida em três etapas, na primeira foi elaborado e aplicado um questionário (Apêndice A), em que se buscou identificar até que ponto os alunos conseguem ir além do aspecto macroscópico dos fenômenos, sendo capazes de transitar entre os vértices do triângulo de Johnstone (1982; 1993) que envolvem os três níveis do conhecimento químico: submicroscópico, macroscópico e simbólico. Na segunda etapa, foi ministrada uma aula, planejada de acordo com os conteúdos do primeiro questionário e os resultados obtidos (Apêndice B), levando em consideração o método de ensino proposto por Johnstone, trabalhando cada vértice do triângulo e posteriormente transitando entre estes. Na terceira e última etapa, foi aplicado um segundo questionário (Apêndice C) com a finalidade de verificar como a intervenção auxiliou na aprendizagem dos alunos em relação aos conteúdos trabalhados e como isso pode ter contribuído para um melhor entendimento deles sobre as três dimensões do conhecimento químico.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO

As questões do primeiro questionário envolveram os estados físicos da água (sólido, líquido e gasoso) e o fenômeno da tensão superficial, os quais foram representados usando as dimensões do conhecimento químico destacadas por Johnstone.

Na primeira pergunta do questionário 1 (Figura 4) buscamos verificar se o aluno consegue transitar entre as dimensões macroscópica e submicroscópica, identificando os estados físicos da água e fazendo a correta associação deles, considerando duas dimensões do conhecimento químico.

Figura 4 – Primeira questão do questionário 1.

1- As Imagens 1 e 2 trazem representações dos diferentes estados físicos da água (sólido, líquido e gasoso). A partir delas:

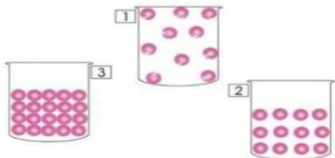
a) Relacione corretamente os estados físicos da água representados na imagem (1) aos estados físicos enumerados na imagem (2)

Imagem 1: Representação dos estados físicos da água
 Leia a charge de Mauricio de Souza abaixo com atenção



() () ()

Imagem 2: Representação dos estados físicos da água



Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/26333921>

b) Explique como você chegou à relação estabelecida acima, evidenciando o que você considerou para fazê-la

Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com os resultados apresentados no quadro 1, apenas 8 dos 33 alunos conseguiram fazer à transição entre os níveis de representações macroscópico e submicroscópico de forma apropriada, além de dar uma justificativa coerente sobre a relação estabelecida.

Quadro 1 – Critérios de análise da 1ª questão e resultados obtidos.

Dimensões	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
Macroscópica e Submicroscópica	Conseguiu relacionar as representações macroscópica e microscópica dos estados físicos da água de forma adequada e justificou sua associação com base nos estados de agregação das moléculas referentes a cada estado físico da água.	Conseguiu relacionar as representações macroscópica e microscópica dos estados físicos da água de forma adequada, mas não conseguiu dar nenhuma explicação plausível a esta associação.	Não soube/ não respondeu.

Quantidade de alunos	8 Alunos	8 Alunos	17 Alunos
-----------------------------	----------	----------	-----------

Fonte: Elaboração própria(2022).

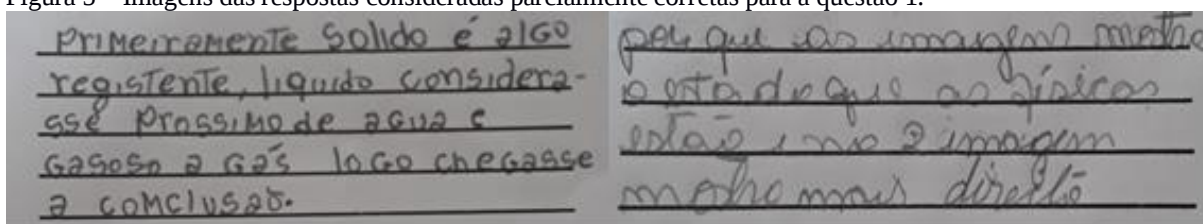
Em suas respostas os alunos conseguiram propor uma explicação associada à organização das moléculas referentes a cada estado, e, foi considerado que eles conseguiram transitar entre as dimensões macroscópica e submicroscópica e vice-versa, pois demonstraram com suas palavras que possuíam conhecimento a respeito dos estados de agregações das moléculas de água (parte submicroscópica) em relação aos seus respectivos estados físicos (parte macroscópica), como evidenciado nas respostas dadas por alguns desses alunos “Porque no estado gasoso elas se separam, no líquido são um pouco mais juntas, e no sólido, são completamente juntas”, “O cubo de gelo tem que ter as moléculas H_2O tudo junto, o estado gasoso tem as moléculas mais desorientadas”.

Conquanto, mesmo que inseridas na categoria de respostas adequadas, pode-se notar, a fragilidade do conhecimento desses em relação ao assunto proposto. Ainda existe entre eles uma interpretação errônea ao se referir aos estados de agregação das moléculas, demonstrado principalmente nas falas referentes ao estado sólido, pois ambos consideram que nesta condição as moléculas estão “completamente” juntas, e, no ponto de vista científico já se sabe que as moléculas no estado sólido não estão “juntas”, mas sim bem agrupadas, estando ainda em movimentação, isto é, em um estado vibratório por ter sua energia cinética bem mais reduzida pela perda de calor e diminuição da temperatura. Contudo, comparado as demais respostas, estes obtiveram explicações mais aprofundadas (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Ademais, 8 alunos, apesar de conseguirem estabelecer uma associação correta entre as imagens da primeira questão do questionário 1, eles não justificaram de forma coerente a relação estabelecida. Apesar disso, suas respostas foram consideradas parcialmente adequadas por terem percebido, mesmo que sem conseguir justificar de forma coerente, a relação existente entre a organização das moléculas e os aspectos apresentados por cada estado físico.

Dessa forma, percebe-se que esses alunos possuem um conhecimento químico a respeito das dimensões, mas possuem dificuldade de transitar entre elas, como mostram as respostas dadas por alguns deles apresentadas na figura 5, isso possivelmente ocorre por não terem compreendido os aspectos microscópicos e como esta influencia nos aspectos macroscópicos dos fenômenos.

Figura 5 – Imagens das respostas consideradas parcialmente corretas para a questão 1.



Fonte: Elaboração própria (2022).

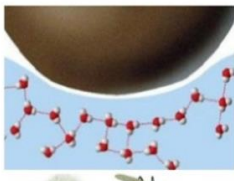
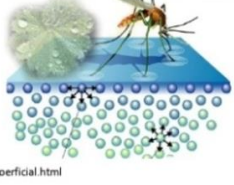
Com isso, percebe-se que, apesar da fragilidade em relação aos conhecimentos da química em uma perspectiva submicroscópica, eles demonstraram ter uma noção/entendimento a respeito das duas representações, isso se torna perceptível pelas expressões “líquido considera-se próximo” e “mostra mais direito”. Na primeira expressão, o aluno apresenta o termo “próximo”, o que nos leva a concluir que ele traz uma provável referência a representação submicroscópica, associando o estado líquido como aquele em que há uma proximidade entre as moléculas. Na segunda expressão o aluno passa a mensagem de que a segunda imagem a qual demonstra os estados físicos da água em outra perspectiva (submicroscópica) demonstra, segundo ele, os estados sólido, líquido e gasoso “mais direito”. O que nos leva a concluir que este pode ter considerado que a representação submicroscópica demonstraria melhor o fenômeno observado por fazer a relação com a organização das moléculas.

Diante das análises das respostas dos alunos na primeira questão pode-se perceber que existe uma maior fragilidade no conhecimento químico destes quando está envolvido o nível molecular. Tal fragilidade, se evidência ainda com mais clareza, se comparado a porcentagem de alunos cuja resposta se enquadra na categoria adequada (24,24%) com aqueles que idem na categoria parcialmente adequada e inadequada (75,75%), a diferença é bem mais acentuada. Considerando que este resultado pode ter diversas causas, pode-se supor que uma dessas é o que Johnstone (2000) destaca:

Existe uma tendência dos alunos para explicarem os fenômenos químicos no plano macroscópico, pois dificilmente possuem competências ou de recursos simbólicos, no plano mental, para compreensão das transformações químicas num nível que requer uma maior capacidade de abstração como é o caso do nível submicroscópico (JOHNSTONE, 2000 apud WARTHA; REZENDE, 2011, p. 278).

Esta fala de Johnstone está representada também nos resultados observados na segunda questão do questionário. Nela podemos observar resultados similares aos da primeira questão, pois parte dos alunos demonstraram não ter um entendimento aprofundado da representação submicroscópica da química, não fazendo referência à representação explícita das moléculas nas imagens da tensão superficial destacadas na questão (Figura 6).

Figura 6 – Segunda questão do questionário 1.

2. Observe as figuras a seguir, escolha aquela que melhor representa a propriedade de tensão superficial da água. Justifique porque a figura que você escolheu	(A)  (B)  (C)  Fontes: http://residuoall.com.br/2016/11/25/impacto-dos-residuos-quimicos-na-natureza-ultima-parte/ http://aquaosolo.blogspot.com/2015/06/tensao-superficial.html
---	--

Fonte: Elaboração própria (2022).

Pode-se considerar que esta dificuldade a respeito da dimensão supracitada ficou ainda mais evidente nas respostas obtidas na questão 2 (Quadro 2), quando comparado aos resultados obtidos na primeira questão.

Quadro 2 – Critérios de análise da 2ª questão e resultados obtidos.

Dimensões	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
Macroscópica e Submicroscópica	Escolheu as imagens que demonstram a ocorrência do fenômeno com base na visualização da representação das moléculas e justificou sua escolha evidenciando ou fazendo referência a visualização delas	Escolheu as imagens que demonstram a ocorrência do fenômeno com base na visualização da representação das moléculas, mas não justificou de forma coerente.	Não soube/ não respondeu
Quantidade de alunos	0 Alunos	12 Alunos	21 Alunos

Fonte: Elaboração própria (2022).

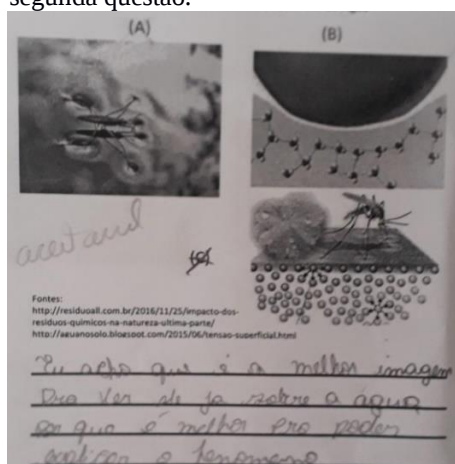
Na segunda questão buscou-se identificar se o aluno percebe a importância de se analisar o fenômeno da tensão superficial observando além da parte macroscópica, a parte submicroscópica (interação entre as moléculas). De acordo com o quadro 2, nenhuma resposta foi considerada adequada e apenas 12 alunos de um total de 33 pesquisados, escolheram as

imagens que demonstram a ocorrência do fenômeno da tensão superficial com base na representação das moléculas, no entanto, nenhum deles justificou sua escolha evidenciando ou fazendo referência a interação entre elas para a ocorrência do fenômeno, por isso se enquadraram na categoria de respostas parcialmente adequadas.

Entretanto, apesar dos alunos terem percebido as moléculas de água na representação do fenômeno da tensão superficial, nenhum deles mencionou ser importante a representação em um nível molecular para demonstrar as interações intermoleculares entre as moléculas de água, as quais se atraem devido aos pólos negativos do oxigênio de uma molécula e positivos do hidrogênio de outra, formando, assim, as ligações de hidrogênio, resultando nas chamadas forças de coesão entre as moléculas.

Assim, pode-se perceber que os alunos apenas possuem uma noção macroscópica do fenômeno, apesar de justificarem a importância da visualização das moléculas para explicá-lo (Figura 7), não consideraram que a interação entre elas, sobretudo, as das superfícies, as quais sentem a atração abaixo e nas suas laterais, contraem-se formando uma película superficial capaz de sustentar o peso de certos insetos.

Figura 7 – Exemplo de Resposta considerada parcialmente adequada para a segunda questão.



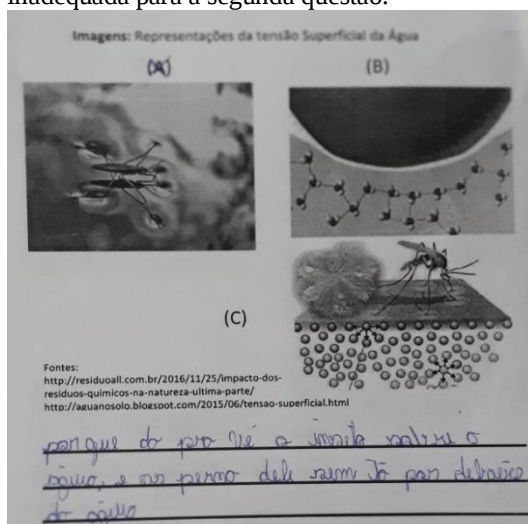
Fonte: Elaboração própria (2022).

Além disso, os alunos não observaram que a imagem B (Figura 6) traz uma melhor representação, destacando as moléculas de água como sendo poliatômicas, ao contrário da imagem C da mesma figura, que demonstra o fenômeno utilizando uma representação das moléculas de água através de “esferas iguais”, sem haver diferenciação entre os átomos constituintes dela.

Das respostas restantes analisadas, 21 alunos não responderam, ou marcaram apenas a imagem do fenômeno com a representação macroscópica, muitos sem justificar sua escolha,

ou justificando apenas por ter uma melhor visualização como mostra a figura 8, sendo assim, foram consideradas respostas inadequadas.

Figura 8 – Exemplo de resposta considerada inadequada para a segunda questão.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Os resultados obtidos na segunda questão reforçam a fala de Johnstone, na citação mencionada acima, a qual destaca que muitos alunos não têm competência mental desenvolvida para observar, perceber a dimensão submicroscópica da química, já que a maior dificuldade observada até aqui foi referente a esta dimensão. Entretanto, é preciso levar em consideração que “apesar de a abordagem dos três níveis do conhecimento químico ser amplamente difundida no ensino de Química, existem muitas lacunas sobre como promover estratégias que auxiliem os estudantes na transição entre cada um deles” (MELO; SILVA; 2019, p. 303). Sendo assim, é importante que o professor use diferentes estratégias para que o educando desenvolva certas habilidades necessárias para o entendimento do conhecimento químico.

No entanto, em relação aos estudantes envolvidos na pesquisa, outra possível explicação para a dificuldade apresentada por eles ao transitar entre os níveis macro e micro pode estar associada ao fato de que boa parte dos professores tiveram dificuldades em desenvolver estratégias que favorecessem a aprendizagem das dimensões do conhecimento químico, diante do cenário pandêmico atual em que estamos vivendo, o qual acarretou no afastamento dos alunos das instituições de ensino e resultou em um processo de adaptação a um ensino remoto, não apenas para os educando, mas para os professores também.

Considerando o que destaca Sirhan que “a Química é uma ciência abstrata e altamente conceitual, o que exige um esforço adicional para a sua compreensão” (2007 apud

PAULETTI; ROSA; CATELLI; 2014, p. 125), é válido destacar que a consequência disso leva a uma objeção não apenas para o aprender, mas também para o “ensinar”, no que diz respeito as três dimensões químicas (PAULETTI; ROSA; CATELLI; 2014), o que abre possibilidade para inferir que esta condição da Química, somada as dificuldades impostas pela pandemia, pode ter sido um fator a mais para as dificuldades dos alunos observadas na pesquisa.

Ademais, analisando a questão 3 (Figura 9) buscou-se verificar se os pesquisados conseguiam identificar os estados físicos da água a partir de fenômenos macroscópicos e associá-los as suas respectivas representações simbólicas.

Figura 9 – Terceira questão do questionário 1.

3- Associe os fenômenos enumerados abaixo com as equações químicas que representam as mudanças de estados físicos da água associadas a cada um deles:

- 1- Derretimento de calotas polares.
- 2- Formação de cubos de gelo no congelador.
- 3- Secagem de roupa em um varal.
- 4- o vapor da água se transformando em gotículas de água.

() $\text{H}_2\text{O (s)} \xrightarrow{\Delta} \text{H}_2\text{O (l)}$

() $\text{H}_2\text{O (g)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (l)}$

() $\text{H}_2\text{O (l)} \xrightarrow{\Delta} \text{H}_2\text{O (g)}$

() $\text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (s)}$

Fonte: Elaboração própria (2022).

A classificação dos alunos de acordo com as respostas está apresentada no Quadro 3, nele pode-se observar que esta foi uma questão em que eles tiveram, também, bastante dificuldade.

Quadro 3 – Critérios de análise da 3ª questão e resultados obtidos.

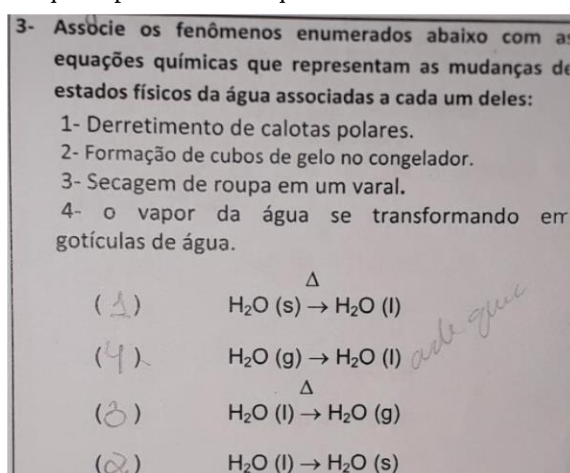
Dimensões	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
Macroscópica e Simbólica	Identificou os fenômenos e fez todas as associações corretas com as representações simbólicas	Identificou os fenômenos e associou de forma parcialmente correta com as representações simbólicas	Não soube/ não respondeu
Quantidade de	4 Alunos	2 Alunos	27 Alunos

alunos			
--------	--	--	--

Fonte: Elaboração própria (2022).

Dos 33 alunos pesquisados apenas 4 conseguiram perceber os estados físicos da água a partir dos fenômenos macroscópicos mencionados e, conseguiram associar corretamente a dimensão simbólica, e 27 do total não souberam responder à questão (Quadro 3). A figura 10 mostra a resposta de um dos alunos considerada adequada.

Figura 10 – Exemplo de resposta considerada adequada para a terceira questão.

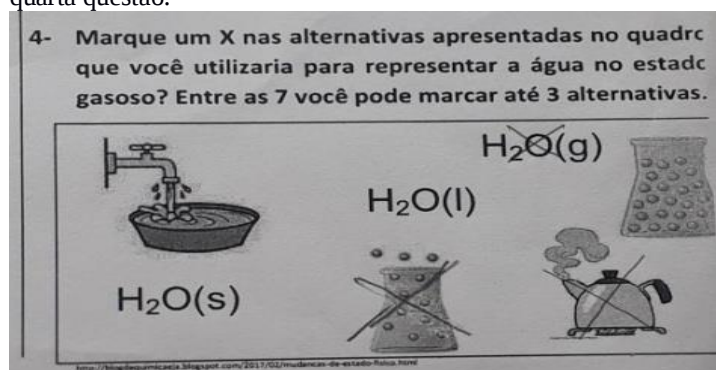


Fonte: Elaboração própria (2022).

Este resultado demonstra que grande parte dos alunos não tem familiaridade com a linguagem química, pois não conseguiram associar as mudanças dos estados físicos da água com suas representações simbólicas, demonstrando, assim, dificuldades com relação à parte simbólica da química. Batiston, Silva e Kiouranis (2012, p. 2) destacam que “para estudar a ciência química é necessário entender esta linguagem, o que muitas vezes é um trabalho difícil, pois esta tem pouca relação com a linguagem comum”. Assim, diante da dificuldade dos alunos em relação a dimensão supracitada, é possível afirmar que esta falta de familiaridade com a linguagem química é uma das razões que explicam as dificuldades desses alunos em relação a esta ciência.

No mais, estes resultados em geral corroboram com o que dizem os autores Batiston, Silva e Kiouranis (2012, p. 2) “não é fácil para alunos de Ensino Médio imaginar abordagens tão microscópicas e tentar associá-las a objetos macroscópicos, onde as representações estruturais simbólicas são apresentadas”.

Figura 12 – Exemplo de resposta considerada adequada para a quarta questão.



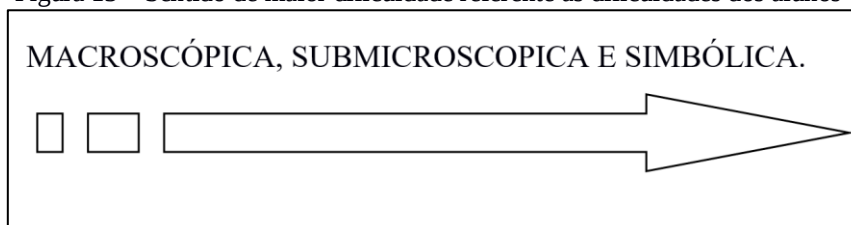
Fonte: Elaboração própria (2022).

A partir dos resultados obtidos podemos perceber que os alunos do 2º ano do ensino médio apresentaram consideráveis dificuldades no que diz respeito a transitar entre as diferentes dimensões do conhecimento químico, uma das causas para este efeito é destacada por Johnstone (1982), segundo o autor:

Na sala de aula, os estudantes ao observarem transformações químicas pela primeira vez, operam apenas o nível descritivo/funcional, enquanto o professor em suas explicações utiliza os três níveis. Isso faz com que a maioria dos alunos não consiga acompanhar o seu raciocínio e não compreenda os conceitos apresentados (JOHNSTONE, 1982 apud, MELO, 2016, p. 15).

Esse aspecto descritivo/funcional foi evidenciado na primeira parte da pesquisa, na medida em que se percebe que muitos alunos não conseguiram transitar entre duas dimensões e esse número foi menor quando eles precisaram transitar entre as três. Analisando mais detalhadamente a quarta questão, percebemos que 12 alunos identificaram apenas a dimensão macroscópica, 14 identificaram apenas as dimensões macroscópicas e submicroscópicas, o que nos leva a conclusão de que, com os resultados obtidos nesta etapa, o sentido de maior dificuldade esteve na direção esquematizada abaixo (Figura 13).

Figura 13 – Sentido de maior dificuldade referente às dificuldades dos alunos



Fonte: Elaboração própria (2022).

Portanto, não tendo conhecimento a respeito de cada forma de representação química ou de pelo menos uma delas, o aluno não consegue estabelecer um raciocínio para transitar entre os vértices do triângulo, e muito menos no centro deste, pois, como destaca

Johnstone(2006apudMELO, 2016, p. 18) “uma alternativa seria trabalhar um vértice do triângulo por vez, seguido pelo uso do lado (aresta) e caminhar para os outros vértices, para depois levar o aluno ao centro do triângulo”.

Ainda segundo o autor (JOHNSTONE, 2006, 2009) quando o professor em momento de aula transita livremente entre os três vértices do triângulo, simultaneamente o aluno sente uma sobrecarga, o que resulta em uma dificuldade no entendimento por parte dele. Visto isso, é preciso evitar essa sobrecarga aos alunos, e, como destaca Melo (2016, p. 17) “para evitar essa sobrecarga, é importante que os alunos tenham em sua memória de longo prazo as fixações, os conhecimentos prévios necessários, para fazer a ligação com os novos conhecimentos que se deseja ensinar.” Pensando nisso, para a etapa dois da pesquisa foi utilizado uma metodologia que pudesse proporcionar ao aluno primeiramente conhecer cada dimensão da química (cada vértice do triângulo) para, assim, transitar entre eles e posteriormente no centro dele, se situando entre os três níveis.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DA INTERVENÇÃO

Considerando o proposto por Johnstone foi elaborado um plano de aula (Apêndice B) cuja finalidade foi colocar em prática o método destacado acima, de modo que possibilitasse ao aluno desenvolver sua capacidade para se situar no centro do triângulo, conforme destacado por Johnstone (1982; 1993), o qual relatou que “o aluno deverá se mover no interior do triângulo lidando com os três componentes da Química representados nos três vértices do triângulo” (WARTHA; REZENDE, 2011, p. 278).

Para isso, o plano de aula foi pensado de forma a se trabalhar cada dimensão separadamente, para então situá-los simultaneamente entre as três dimensões macroscópica, simbólica e submicroscópica, no que diz respeito ao conteúdo tratado no referido trabalho: algumas propriedades físico-químicas da água.

Assim, a aula a qual foi ministrada com a presença de 26 alunos, foi iniciada com a seguinte indagação “Qual a importância da água para nossas vidas?”, a fim de proporcionar sentindo em relação ao conteúdo a ser estudado e a vida do educando, estes por sua vez, responderam que a água é “importante para o nosso organismo”, “sem água não sobreviveríamos”, “importante para higienização”, etc. Nesse sentido, foi apresentado que a água é a substância química mais importante para a vida humana, compondo cerca de 60 a 75% do nosso peso corporal, sendo essencial para todas as funções biológicas do nosso corpo.

Ademais, foi dada continuidade a aula com o segundo questionamento a ser respondido de forma oral pelos alunos “Quais são os estados físicos da água e como podemos identificá-los a partir de exemplificações de fenômenos macroscópicos?”. Esses demonstraram ter conhecimento de quais são os três estados físicos da água, no entanto, por não possuir familiaridade com a linguagem química não souberam exemplificar os estados sólido, líquido e gasoso através de seus fenômenos macroscópicos. Por esta razão, a pergunta foi reformulada durante a aula de forma a esclarecer o termo “fenômenos macroscópicos” como sendo fenômenos visíveis, e, só então, os alunos responderam positivamente ao esclarecimento, dando exemplificações como “gelo formado na geladeira”, “vapor de água”, “água líquida”, demonstrando assim seus conhecimentos a respeito do assunto, a um nível macroscópico.

Logo após, foi explanado aos alunos, com auxílio de slides, quais são os três estados físicos da água e suas respectivas representações macroscópicas, através da associação dos estados físicos a fenômenos observáveis e perceptíveis numa dimensão visível, como forma de promover o entendimento sobre o conhecimento, explorando o primeiro vértice do triângulo, proporcionando aos alunos uma capacidade de visão e entendimento desses fenômenos em um nível macroscópico.

Ademais, foi feito o segundo questionamento: Como estão agregadas as moléculas de água em cada estado físico? Assim, foi solicitado aos alunos que respondessem de forma escrita em um papel para posteriormente ser recolhido, e com isso, pode-se perceber, a partir dos resultados obtidos, não apenas a dificuldade de muitos alunos em externar suas concepções a respeito das formas de agregação das moléculas, mas também o total desconhecimento de outros, pois alguns tinham conhecimento dos estados de agregações das moléculas de água, no entanto, não conseguiram propor explicações adequadas, e outros não possuíam conhecimento a respeito do que foi posto em questão (Quadro 5).

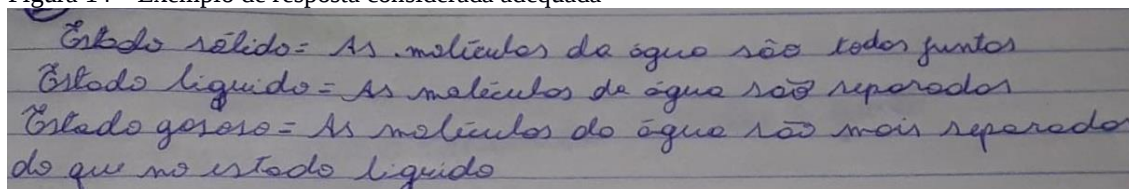
Quadro 5 –Classificação das respostas dos alunos para o 2º questionamento e resultados obtidos.

Categorias	Adequada	Parcialmente Adequada	Inadequada
	Descreveu corretamente os estados de agregação das moléculas referentes a cada estado físico da água	Descreveu corretamente os estados de agregação das moléculas referentes a pelo menos um estado físico da água	Não descreveu corretamente os estados de agregação das moléculas em nenhum estado físico da água/não respondeu
Quantidade de alunos	8	9	9

Fonte: Elaboração própria(2022).

Em relação às respostas dos alunos classificadas como adequadas, foi observado que apesar de oito respostas serem consideradas desta forma, esses alunos demonstram possuir um conhecimento ainda superficial a respeito dos agrupamentos moleculares da água, pois, conforme observado na figura 14, eles explicaram os estados de agregação das moléculas, especialmente do estado sólido, como sendo “todas juntas”, e os estados líquido e gasoso, mais separados respectivamente. No entanto, como explicitado nas discussões das respostas coletadas na primeira etapa, já se sabe, cientificamente, que não é bem assim.

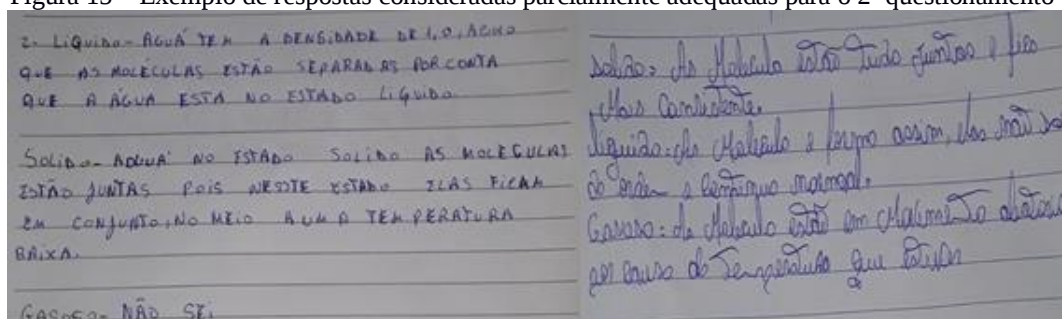
Figura 14 – Exemplo de resposta considerada adequada



Fonte: Elaboração própria (2022).

Como se pode observar no quadro 5 nove alunos, de um total de 26 pesquisados, não souberam propor uma resposta para questionamento, demonstrando a dificuldade desses em relação a representação submicroscópica da Química. Além disso, alguns demonstraram ter conhecimento, no entanto, seja pela fragilidade do ensino, seja pelos impactos pandêmicos, estes alunos apresentaram dificuldades em formalizar suas respostas, não propondo explicação para todos estados de agregação, como observado nos resultados de respostas enquadradas na categoria de respostas parcialmente adequadas (Figura 15).

Figura 15 – Exemplo de respostas consideradas parcialmente adequadas para o 2º questionamento



Fonte: Elaboração própria (2022).

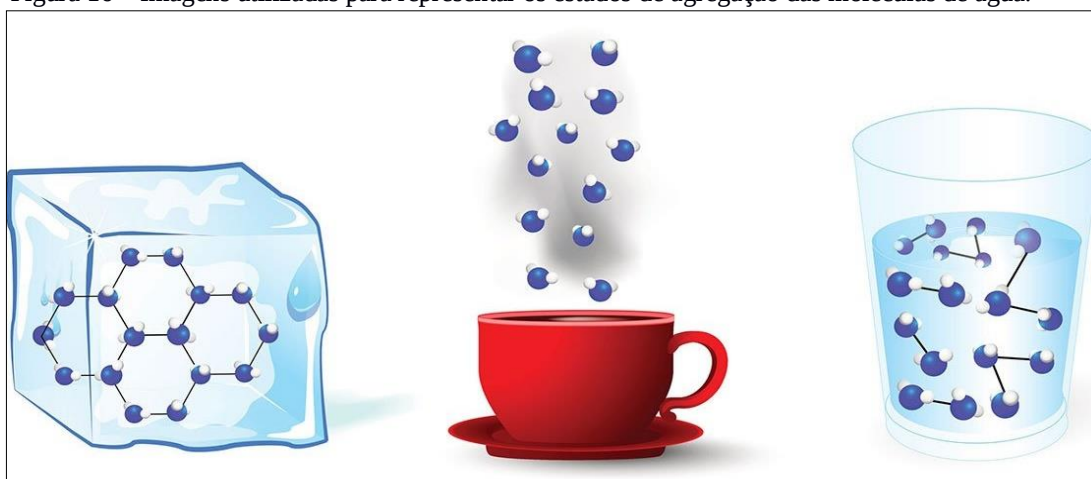
Conforme observado nas respostas acima (Figura 15), esses alunos conseguiram fazer uma relação com a temperatura e o movimento das moléculas, demonstraram que possuem uma noção de que as moléculas de água em cada estado físico estão agregadas de modo

diferente e que depende da atuação de outros fatores, no entanto, não possuem competência e habilidades suficientes para explicar adequadamente os agrupamentos moleculares referente a todos os estados físicos, sólido, líquido, gasoso.

Assim, pode-se concluir que esses alunos possuem maior facilidade em representar e compreender os estados físicos da água em uma dimensão macroscópica, do que em uma dimensão submicroscópica, corroborando com as afirmações de Johnstone, o qual destaca que os alunos geralmente explicam os fenômenos químicos apenas no nível macroscópico, devido à falta de habilidades e competências, ainda não concretizadas, para dar explicações nos demais níveis (WARTHA; REZENDE, 2011)

Ademais, foi dada continuidade a aula, apresentado aos alunos, através de explanação com o auxílio de slides, a representação do estado de agregação das moléculas de água em diferentes estados físicos da água, conforme a figura 16. Conforme os assuntos iam sendo apresentados estes não fizeram questionamentos, mas, quando indagados se conseguiram compreender o que estava sendo explanado, estes questionaram a respeito do estado de agregação do gelo, pois, observaram na figura que as moléculas não estão completamente juntas. Assim, foi esclarecido aos alunos mais detalhadamente o agrupamento molecular da água no estado sólido e os fatores importantes envolvidos que são a temperatura e a energia cinética (movimentação das moléculas).

Figura 16 – Imagens utilizadas para representar os estados de agregação das moléculas de água.



Fonte: Identificar... (2022)

Após isso, foi apresentado aos alunos um vídeo disponível na plataforma YouTube, conforme destacado no plano de aula (Apêndice B), o qual demonstra o fenômeno da tensão superficial em nível macroscópico, ou seja, através da demonstração em uma dimensão visível. Em seguida foi feito o terceiro questionamento aos alunos “Como vocês

representariam as interações entre as moléculas de água no fenômeno da tensão superficial, de forma que explique o que foi observado no vídeo?”, para que estes respondessem de forma escrita, sendo recolhidas as respostas em seguida pela pesquisadora. A partir dos resultados obtidos (Quadro 6) pode-se perceber que estes apresentaram dificuldades em externar suas concepções a respeito do assunto, confirmando os resultados obtidos na primeira etapa da coleta de dados, o qual demonstrou o desconhecimento dos alunos a respeito das interações intermoleculares da água e sua influência no fenômeno (forças de coesão).

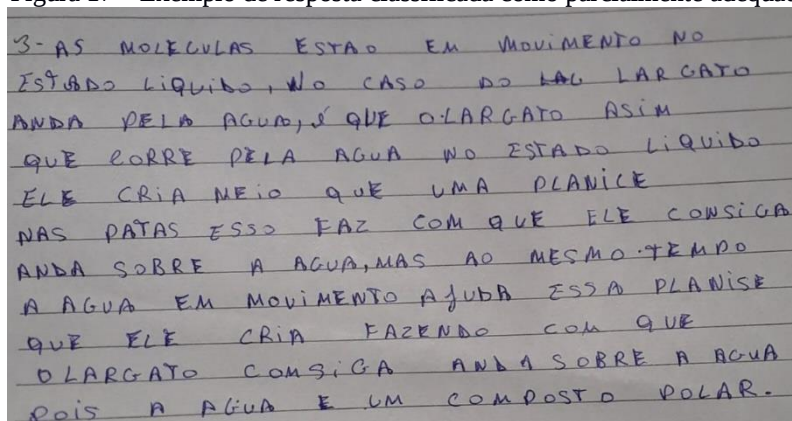
Quadro 6 – Quadro 6 – Classificação das Respostas dos alunos para o 3º questionamento (Como vocês representariam as interações entre as moléculas de água no fenômeno da tensão superficial, de forma que explique o que foi observado no vídeo?) e resultados obtidos.

Categorias	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
	Explicação que demonstre ou faça menção às interações intermoleculares em relação às forças de atração existente entre as moléculas de água	Explicação que demonstre ou faça menção a atuação das moléculas	Não soube/ não respondeu
Resultados Obtidos	0	1	25

Fonte: Elaboração própria (2022).

Conforme observado no quadro 6, apenas a resposta de um aluno se enquadrou na categoria parcialmente adequada (Figura 17), pois apenas este forneceu uma explicação que mencionava aspectos importantes relacionados ao fenômeno, como o fato da água ser polar.

Figura 17 – Exemplo de resposta classificada como parcialmente adequada



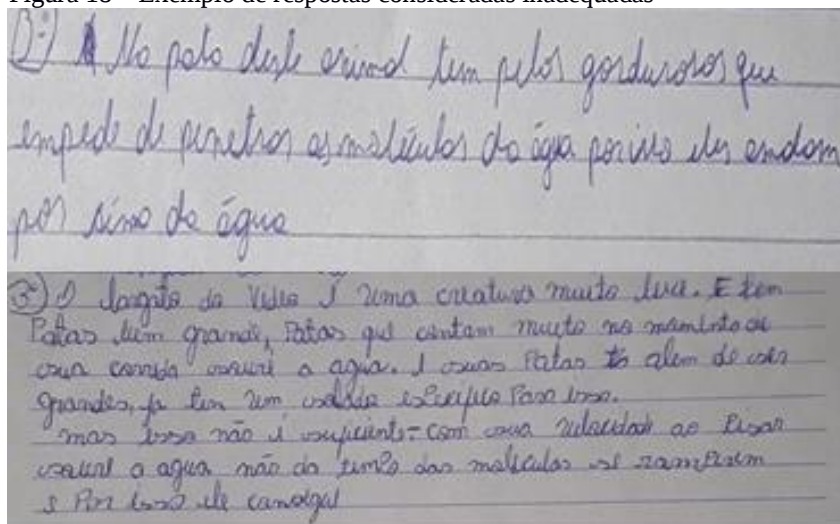
3- AS MOLECULAS ESTAO EM MOVIMENTO NO ESTADO LIQUIDO, NO CASO DO LAG LARGATO ANDA PELA AGUA, É QUE O LARGATO ASSIM QUE CORRE PELA AGUA NO ESTADO LIQUIDO ELE CRIA MEIO QUE UMA PLANICE NAS PATAS ESSO FAZ COM QUE ELE CONSIGA ANDAR SOBRE A AGUA, MAS AO MESMO TEMPO A AGUA EM MOVIMENTO AJUDA ESSA PLANICE QUE ELE CRIA FAZENDO COM QUE O LARGATO CONSIGA ANDAR SOBRE A AGUA POIS A AGUA É UM COMPOSTO POLAR.

Fonte: Elaboração própria (2022).

Mesmo justificando o acontecimento do fenômeno a partir de características do lagarto, este aluno além de citar o fato das moléculas estarem em movimento, por estar no estado líquido, afirmou também que a molécula de água é um composto polar, e, esta condição é o que contribui para a observação do fenômeno, por isso, mesmo não dando uma resposta explicitamente adequada, dentre os 26 alunos, este foi o único que demonstrou ter uma visão submicroscópica a respeito do acontecimento do fenômeno.

Em relação às demais respostas obtidas, todas foram enquadradas na categoria de respostas inadequadas, visto que as justificativas se limitaram as questões macroscópicas, como as patas do lagarto, ou o peso e velocidade deste (Figura 18).

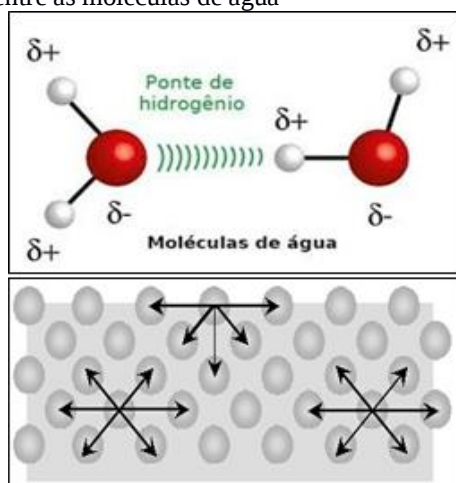
Figura 18 – Exemplo de respostas consideradas inadequadas



Fonte: Elaboração própria (2022).

Ademais, as dificuldades apresentadas pelos alunos na primeira etapa da coleta de dados, foram também observados nesta etapa da pesquisa, como observamos nos resultados obtidos com o 3º questionamento (Quadro 6), foi perceptível a falta de entendimento deles sobre às interações intermoleculares das moléculas de água, pensando nisso, a aula foi prosseguida dado um maior foco neste aspecto, com as explicações sobre as forças de coesão existentes entre as moléculas de água (Figura 19), destacando a estrutura da água e seus pólos negativos e positivos, principais responsáveis pelas forças de atração entre as moléculas, as quais resultam na formação das ligações de hidrogênio.

Figura 19 – Representação das interações entre as moléculas de água



Fonte: Adaptado de Henrique (2019) e Bairral (2012).

Logo após, foi reproduzido outro vídeo retirado do YouTube, o qual trouxe explicações para ocorrência do fenômeno da tensão superficial com base nas interações intermoleculares da água, conforme destacado no plano de aula (Apêndice B), dando assim, sustentação as explicações baseadas em um nível submicroscópico, tratando dos movimentos e arranjos moleculares e reforçando, portanto, a ocorrência do fenômeno demonstrado no primeiro vídeo apresentado, o qual tratava da parte macroscópica do fenômeno. Diante do que foi apresentado aos alunos, foi indagado a estes se houve compreensão a respeito das forças intermoleculares que explicam o fenômeno, estes, por sua vez, demonstraram não conseguir entender como as moléculas de água se ligam, nem o porquê dos pólos negativos e positivos da água, questionando, pedindo a repetição de vídeo, e, posteriormente, explicação no quadro.

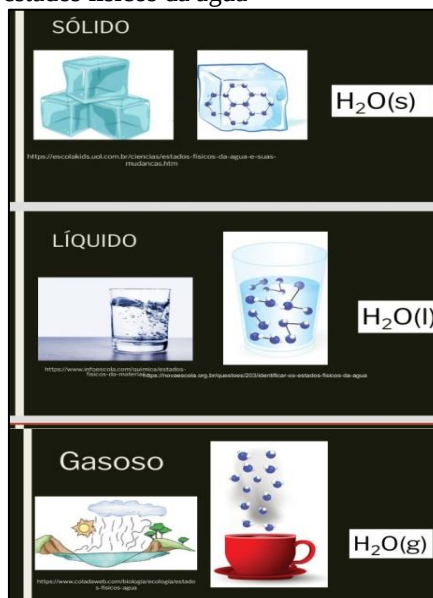
Isso demonstrou que os alunos não possuíam conhecimento prévio, ou seja, uma base para que os conteúdos pudessem ser introduzidos à vontade, pois durante as explicações não entenderam porque o oxigênio fica com um pólo negativo e o hidrogênio com um pólo positivo, requerendo explicações bem detalhadas e repetitivas. Também foi observado que os alunos não tinham conhecimento sobre as ligações químicas, estes afirmaram nunca terem tido contato com estes assuntos, por isso, durante as exposições ficavam bastante calados, só respondiam ao serem questionados e pediam repetição das explicações. No mais, foi buscado dar explicações de modo que ficasse o mais claro possível, buscando conceitos iniciais, como o conceito de átomos e moléculas. No entanto, a compreensão integral dos conteúdos tratados na pesquisa não foi possível, sobretudo, porque a base conceitual que estes alunos não possuíam foi justamente a parte submicroscópica da química. Estes alunos não possuíam competência mental necessária para interpretar os fenômenos, pois não o imaginavam em uma

perspectiva atômica e molecular, a qual se faz fundamental no entendimento dos conceitos supracitados.

Posteriormente, foi dada continuidade a aula, de forma a se explorar mais um vértice da química, de início com a reprodução de mais um vídeo do que está disponível no YouTube, o qual demonstrava o desconhecimento das pessoas a respeito da fórmula molecular da água, adentrando, assim, no aspecto simbólico da química, o qual trata das fórmulas, equações e estruturas químicas. Em seguida por meio de uma exposição dialogada e com o auxílio do quadro da sala de aula, foi discutida a linguagem simbólica da química, explicitando símbolos químicos, esclarecendo dúvidas e evidenciando cada detalhe de uma equação química. Assim, ao longo da exposição os alunos não apresentaram questionamentos, afirmando terem entendido como representar os três estados físicos da água e suas transformações físicas em uma perspectiva simbólica, que era o que estava sendo tratado.

Por fim, depois de explorado cada vértice do triângulo de Johnstone, a finalização da aula foi pensada de modo que os alunos pudessem transitar entre os três níveis de representação, Macroscópico, Simbólico e Submicroscópico. Para isso, foi apresentada a eles a representação da água, nos três níveis supracitados, como demonstrado na figura 20.

Figura 20 – Slides utilizados para representar a transição entre os três níveis de representações da química para os estados físicos da água



Fonte: Elaboração própria (2022).

Assim, os alunos não apresentaram dúvidas ou questionamentos, demonstrando que compreenderam que os conteúdos tratados são observados em três perspectivas, mesmo estes

tendo demonstrado imensa dificuldade na dimensão submicroscópica, foi possível notar que estes se conscientizaram da presença e importância desta dimensão para interpretação e entendimento da Química.

5.3 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO 2º QUESTIONÁRIO APÓS A INTERVENÇÃO

Posteriormente, foi realizada a terceira e última etapa da coleta de dados, que ocorreu após um intervalo de sete dias, esta teve como objetivo não apenas a verificação da eficácia do método de ensino proposto por Johnstone, mas também identificar as modificações no entendimento dos alunos sobre as dimensões do conhecimento químico e o conteúdo envolvido, visto que estes apresentaram dificuldades e pouca familiaridade com relação às dimensões no que foi tratado na pesquisa. Além disso, buscamos analisar se com a intervenção os alunos conseguiriam transitar de forma mais apropriada entre os três níveis do conhecimento químico.

Assim, foi aplicado aos alunos, um segundo questionário (Apêndice C), no entanto, este foi adaptado de forma a verificar se houve ou não, melhora no entendimento por parte deles diante do que foi abordado e dado ênfase na intervenção. Desse modo, a primeira questão do segundo questionário (Figura 21) buscou verificar se os alunos, que antes apresentaram dificuldades, conseguiam explicar com suas palavras os arranjos moleculares referentes a cada estado físico da água de forma coerente com os aspectos científicos discutidos na aula.

Figura 21 – Primeira questão do questionário 2 aplicado.

1- Explique como estão agregadas as moléculas de água nos estados:

a) Sólido:

b) Líquido:

c) Gasoso:

Fonte: Elaboração própria (2022).

Os resultados estão apresentados no quadro 7 a seguir.

Quadro 7 – Critérios de análise e Resultados obtidos para a questão 1 do segundo questionário.

Dimensão	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
Submicroscópica	Conseguiu explicar conforme conceitos científicos os estados de agregação das moléculas de água referente a cada estado físico da água	Conseguiu explicar conforme conceitos científicos os estados de agregação das moléculas de água referente a pelo menos um estado físico da água	Não soube/ não respondeu/ permaneceu apresentando respostas utilizando termos subjetivos.
Quantidade de alunos	7	14	9

Fonte: Elaboração própria (2022).

Em relação às respostas dos alunos enquadradas na categoria de respostas adequadas, foi perceptível uma mudança na interpretação e compreensão não só dos estados físicos da água, como também, no processo de transformação desta, ambas as interpretações em uma perspectiva submicroscópica como observado na resposta dada por um destes alunos na Figura 22.

Isso sugere uma evolução da capacidade mental do aluno, pois, para propor esta explicação ele teria que interpretar a parte macroscópica, que diz respeito aos estados sólido, líquido e gasoso, bem como suas transformações físicas - passagem de um estado físico para outro – para, então, propor uma explicação a nível atômico e molecular do que foi interpretado macroscopicamente. Ou seja, estes alunos conseguiram transitar entre os níveis macro e micro da Química e, para tanto, necessitaram de uma capacidade mental, a qual é desenvolvida através do pensamento e imaginação, os quais foram instigados através da intervenção na etapa 2 da pesquisa, com a ênfase nos aspectos não visíveis da Química.

Desse modo, este resultado corrobora com o que destacam Wartha e Rezende (2011, p. 276), ao afirmarem que:

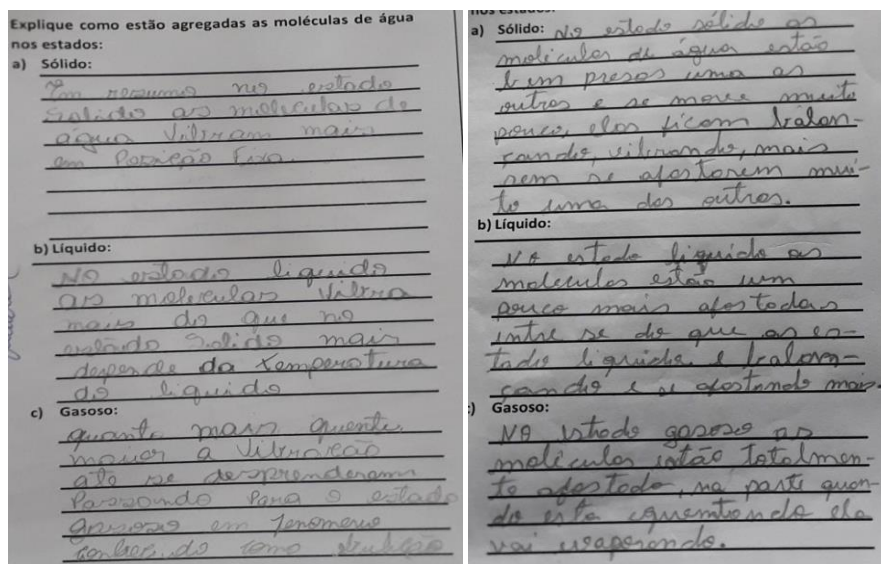
‘Imaginação é mais importante que conhecimento’. Essas palavras de Albert Einstein ilustram muito bem nosso ponto de vista sobre a questão das representações

no processo de ensino e aprendizagem em Química. Conhecimento só, não é suficiente em Química. O conhecimento de fórmulas, equações, ligações e mecanismos de reações não deveriam ser o objetivo principal no ensino e aprendizagem de Química.

Assim, como observado na resposta enquadrada como adequada (Figura 22), é notável que para essa capacidade de transição entre os respectivos níveis, acrescidas de certos fatores envolvidos no processo, o aluno tenha sido estimulado através do pensamento e imaginação, devido a intervenção ao incentivar uma imaginação daquilo que se pode ver em relação ao que não se pode ver a partir de modelos, pois como destacam Wartha e Rezende (2011, p. 276) “seria mais importante o desenvolvimento da imaginação, em função das evidências observadas, dos dados analisados e da capacidade de criar modelos explicativos por meio da capacidade de representar átomos, moléculas e transformações químicas”.

Isso resultou em uma concretização da aprendizagem desses alunos em relação ao assunto proposto, tendo assim, capacidade para expressar seu entendimento sobre o que foi questionado.

Figura 22 – Exemplos de respostas consideradas adequadas para a questão 1 do segundo questionário.



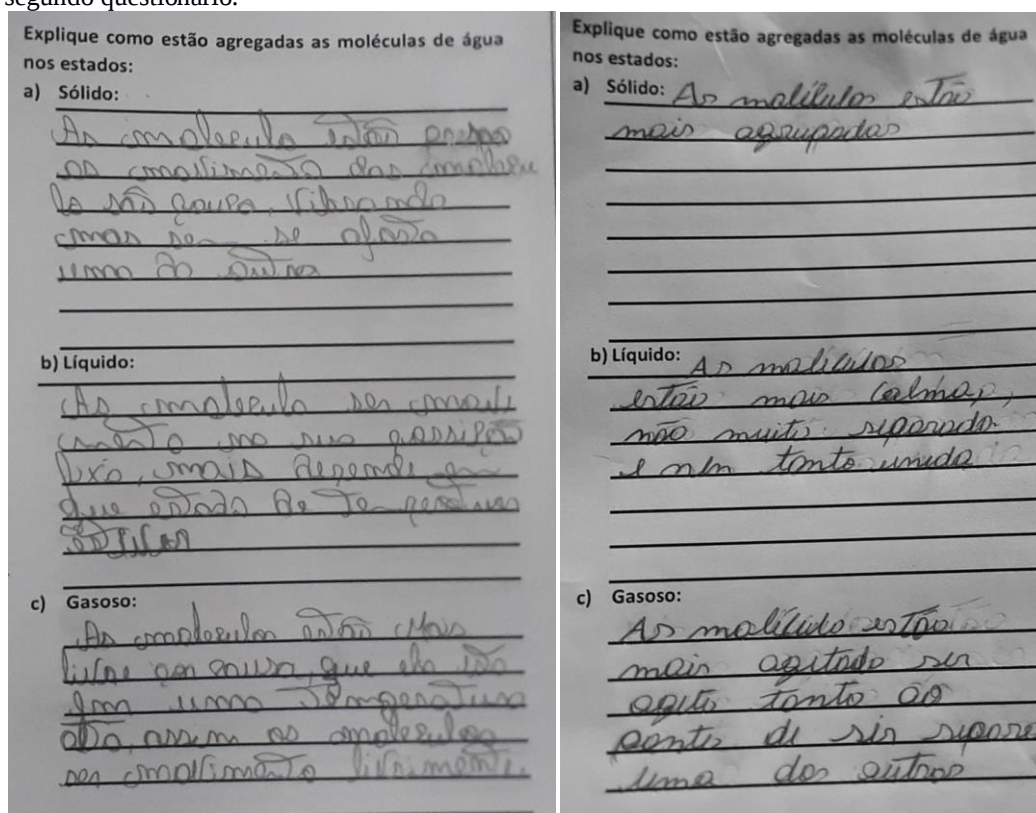
Fonte: Elaboração própria (2022).

No entanto, é válido ressaltar que apesar dessas respostas terem sido enquadradas como adequadas, esta é uma classificação feita em relação às demais respostas obtidas, considerando os avanços observados na aprendizagem dos alunos, pois nenhum aluno conseguiu descrever os agrupamentos moleculares utilizando definições, conceitos e termos concretamente corretos.

Como se pode observar no Quadro 7, os resultados obtidos demonstraram que os alunos apresentaram uma melhora nas suas concepções a respeito do assunto proposto, pois, levando em consideração que os critérios estabelecidos foram mais rigorosos, 14 de um total de 30 alunos, na categoria parcialmente adequada, conseguiram explicar os estados físicos da água em um nível molecular, levando em consideração critérios essenciais como a movimentação das moléculas de acordo com a temperatura, mencionando termos mais adequados como “agrupamento” ao em vez de “juntas” (figura 23), abandonando os termos subjetivos observados nas primeiras duas etapas.

Por essa razão, mesmo não explicando corretamente o agrupamento molecular dos três estados físicos da água (motivo pelo qual foram enquadradas na categoria de parcialmente adequadas), conseguiram entender e dar explicações coerentes de pelo menos para um dos estados físicos, utilizando termos e colocações adequadas e mais condizentes com os modelos empregados na química, como observado nas respostas apresentadas a seguir (Figura 23).

Figura 23 – Exemplos de respostas consideradas parcialmente adequadas para a questão 1 do segundo questionário.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Como observado nas respostas acima apesar de um dos alunos mencionarem erroneamente que no estado líquido as moléculas estão em posições fixas, ele apresentou

conceitos coerentes no estado sólido ao dizer que as moléculas estão em um estado vibratório, e que já no estado líquido este movimento depende da sua temperatura, afirmando até que no estado gasoso as moléculas estariam mais livres, devido sua alta temperatura, ou seja, esta resposta levou em consideração os fatores já destacados acima. Na resposta dada pelo outro aluno, pode-se observar que este descreveu melhor os estados de agregações das moléculas, destacando que no estado gasoso as moléculas possuem um estado de “agitação” bem mais elevada que faz com que se afastem umas das outras. Desse modo, comparando com os resultados obtidos no primeiro questionamento, pode-se sugerir que esses alunos melhoraram significativamente sua compreensão a respeito dos estados físicos da água, visto que em suas respostas trouxeram explicações mais coerentes, explicando a parte macroscópica a partir de uma perspectiva submicroscópica.

Ademais, respostas de nove alunos foram enquadradas na categoria de respostas inadequadas, pois, deram explicações errôneas, ou ainda subjetivas a respeito dos estados de agregação das moléculas, como demonstrado em uma resposta dada por um desses alunos (Figura 24). Porém, levando em consideração que os critérios foram mais rígidos como já mencionado, é possível sugerir que houve melhora nos resultados obtidos, porque de um total de 30 alunos, apenas 9 foram enquadrados nessa categoria.

Figura 24. Exemplo de resposta considerada inadequada para a questão 1 do questionário 2.

a) Sólido: as moléculas estão juntas um pouco

b) Líquido: as moléculas estão juntas

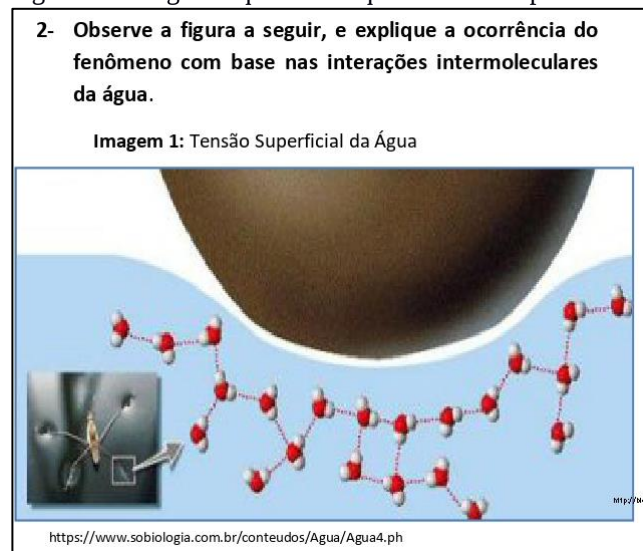
c) Gasoso: as moléculas estão separadas

Fonte: Elaboração própria (2022).

Em relação aos resultados obtidos na segunda questão (Figura 25), pode-se notar que entender questões mais avançadas da dimensão submicroscópica da Química ainda é um desafio a ser superado por esses alunos, pois, na primeira etapa demonstraram não ter conhecimento sobre interações intermoleculares, na aula de intervenção confirmou-se esse

desconhecimento, e, nesta esta etapa os alunos continuaram a demonstrar dificuldades a este respeito.

Figura 25 – Segunda questão do questionário 2 aplicado.



Fonte: Elaboração própria (2022).

No entanto, alguns apresentaram respostas com explicações que denotaram melhor entendimento, sendo mais coerentes com os modelos utilizados na Química do que se comparado as outras duas etapas da pesquisa.

Desse modo, como demonstrado no quadro 8, apesar de nenhum aluno ser enquadrado na categoria de respostas adequadas, as 5 respostas parcialmente adequadas sugerem que alguns alunos demonstraram ter melhor entendimento, mas, ainda com dificuldades, sem relatar as atuações das forças de coesão entre as moléculas no fenômeno da tensão superficial, o que já era esperado, pois, apenas uma aula não seria capaz de trazer todos os conceitos prévios fundamentais para entender as interações intermoleculares da água.

Quadro 8 – Critérios de análises da 2ª questão e resultados obtidos.

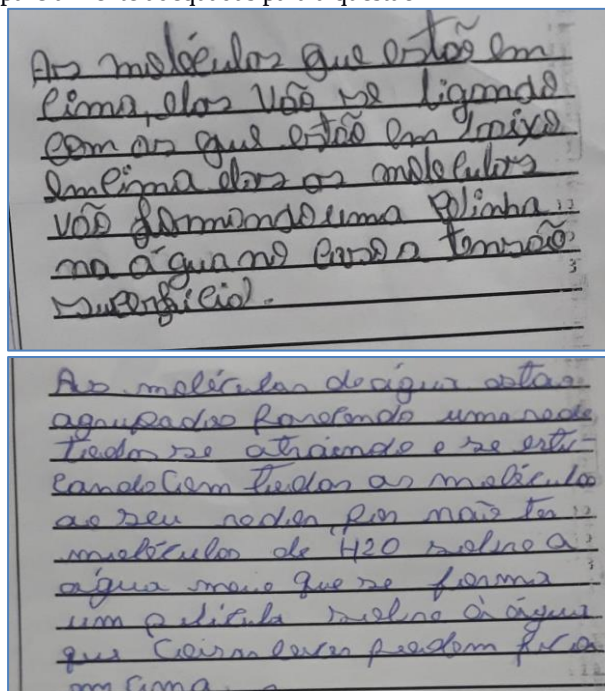
Dimensão	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
Submicroscópica e Macroscópica	Conseguiu propor uma explicação do fenômeno com base nas interações intermoleculares destacando as forças	Conseguiu propor uma explicação com base nas interações entre as moléculas de água sem mencionar	Não soube/ não respondeu

	de coesão atuantes devido as ligações de hidrogênio	como essas interações resultam no fenômeno supracitado	
Quantidade de alunos	0	5	25

Fonte: Elaboração própria (2022).

Adiante, como observado nas respostas dadas pelos alunos estes relataram assertivamente que as moléculas de água se atraem como uma “rede” em todas as direções e que por não ter moléculas para atrair acima, forma-se uma “película” entre as moléculas da superfície, tendo relatos de que “as moléculas de cima vão se ligando com as moléculas que estão em baixo” (Figura 26)

Figura 26 – Exemplos de respostas consideradas parcialmente adequadas para a questão 2



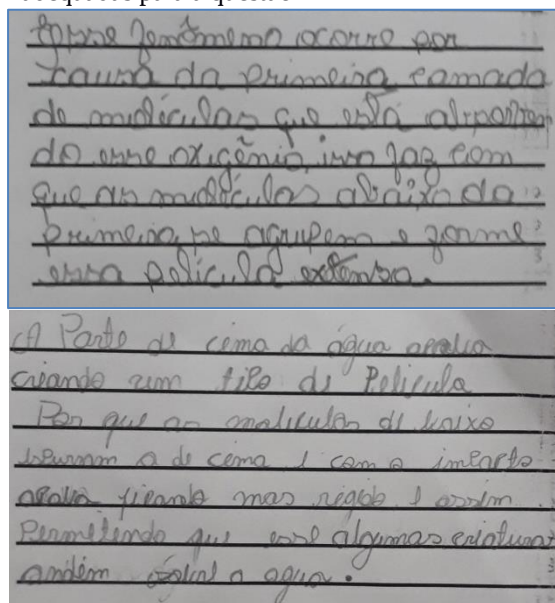
Fonte: Elaboração própria (2022).

Com em relação às respostas consideradas inadequadas, em que a maioria das respostas foram enquadradas nesta categoria, pode-se observar que esses alunos ainda estão “presos” a dimensão macroscópica da Química, corroborando com os postulados de Johnstone (2000), afirmando que o ensino desta ciência tem um foco apenas nas dimensões simbólicas e macroscópicas, deixando de lado a representação a nível atômico e molecular.

Isso acaba prejudicando a compreensão deles principalmente dos fenômenos visíveis, pois como observado nas respostas consideradas inadequadas (Figura 27) um dos alunos afirma que na pata do mosquito tem uma gordura, quando se encosta à água ele não afunda. Esse tipo de resposta focando nos fenômenos visíveis e esquecendo a parte submicroscópica se repetiram nas demais respostas.

Outros alunos apresentaram explicações envolvendo questões moleculares, no entanto, erroneamente, como observado na resposta dada por um deles (Figura 27) afirmando que a primeira camada de moléculas “absorve o oxigênio”. Esse resultado nos possibilita sugerir que por estarem focados apenas na questão macroscópica, eles tiram o foco das verdadeiras explicações que possibilitam os acontecimentos desses fenômenos, pois, possuem dificuldades para imaginar o comportamento molecular, seja por desconhecimento ou pouco conhecimento, o aluno não imagina esta situação, não pensa sobre, então apenas faz proposições sobre o que ele está vendo.

Figura 27 – Exemplos de respostas consideradas inadequadas para a questão 2



Fonte: Elaboração própria (2022).

Ademais, no que diz respeito à terceira questão do segundo questionário aplicado (Figura 28), pode-se notar que houve uma melhora significativa em relação ao entendimento da representação simbólica da Química, pois 13 alunos de um total de 30 conseguiram identificar corretamente as transformações físicas referentes a cada fenômeno destacado nas imagens e fizeram corretamente suas respectivas representações simbólicas (Quadro 9).

Figura 28 – Terceira questão do questionário 2 aplicado

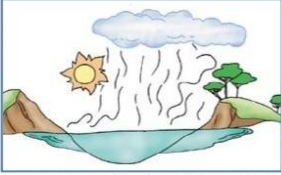
3- Escreva a equação correspondente a cada transformação do estado físico da água:

Imagem 1: Gelo derretendo Imagem 2: água evaporando



https://br.freepik.com/fotos-premium/cubo-de-gelo-derretido-isolado-no-fundo-branco_14527037.htm

Equação Imagem 1



<https://www.coladaweb.com/biologia/ecologia/estados-fisicos-agua>

Equação imagem 2

Fonte: Elaboração própria (2022).

Se comparado aos resultados obtidos na primeira etapa, onde a grande maioria dos alunos demonstrou um desconhecimento da linguagem simbólica, esse resultado foi um tanto satisfatório, pois quase metade da turma conseguiu fazer a representação simbólica corretamente (conforme quadro 9).

Quadro 9 – Critérios de análises da 3ª questão e resultados obtidos.

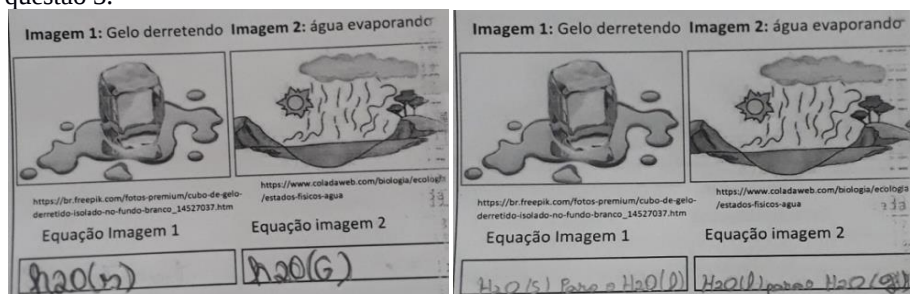
Dimensão	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
Macroscópica e simbólica	Identificou as transformações físicas referente a cada imagem e fez suas representações simbólicas corretamente	Identificou os fenômenos e fez de forma parcialmente correta com as representações simbólicas	Não soube/ não respondeu
Quantidade de alunos	13	2	15

Fonte: Elaboração própria(2022).

Fazendo uma análise das respostas parcialmente adequadas, como observado na figura 29 o aluno conseguiu fazer a representação simbólica da água nos seus respectivos estados físicos, mas não representou as transformações físicas representadas em cada imagem, desse modo, é provável que o aluno não tenha percebido a questão da parte macroscópica. Além disso, outros alunos observaram a transformação física da água representada em cada

imagem, ou seja, a parte microscópica, mas como observado na figura 29, possuem dificuldades para fazer a representação desses fenômenos utilizando uma linguagem simbólica.

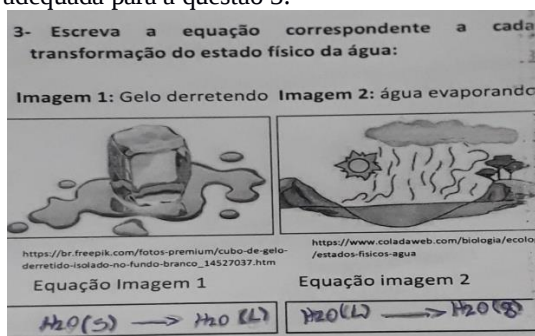
Figura 29– Exemplos de respostas consideradas parcialmente adequadas para a questão 3.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Em relação às respostas adequadas, como observado no Quadro 9, 13 alunos conseguiram responder de forma satisfatória e adequada, transitando entre as dimensões macro e simbólica, como demonstrado na figura 30.

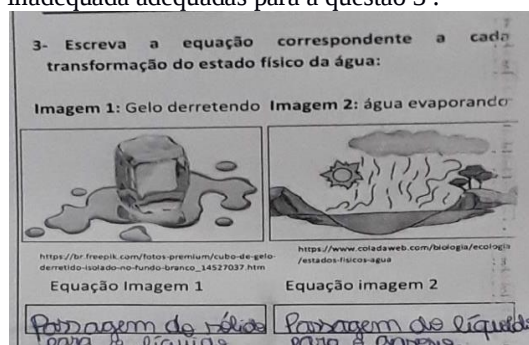
Figura 30 – Exemplo de resposta considerada adequada para a questão 3.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Em relação aos demais, foram consideradas respostas inadequadas aquelas que apenas representaram os fenômenos macroscópicos sem fazer nenhuma representação utilizando uma linguagem simbólica, ou não responderam (Figura 31).

Figura 31 – Exemplo de resposta considerada inadequada adequadas para a questão 3 .



Fonte: Elaboração própria (2022).

Assim, esses resultados referentes à terceira questão demonstraram que os alunos observaram mais a parte macroscópica do que a parte simbólica, visto que metade deles se enquadrou na categoria de respostas inadequadas.

No que diz respeito a quarta e última questão (Figura 11), como se pode observar no Quadro 10, também houve uma melhora significativa, onde 18 alunos de um total de 30 conseguiram transitar entre as três dimensões Químicas (Figura 32) e nenhum aluno obteve resposta inadequada, pois todos conseguiram identificar pelo menos duas dimensões, como demonstra a Figura 33.

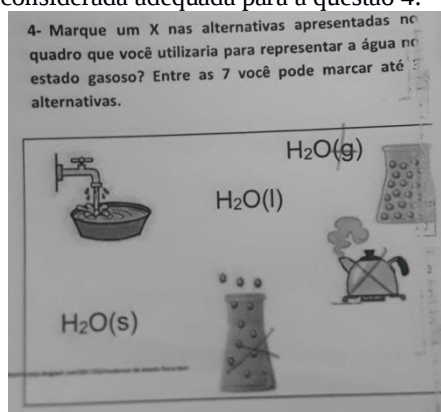
Quadro 10 – Critérios de análises da 4ª questão e resultados obtidos.

Dimensão	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
Macroscópica e simbólica	Identificou as transformações físicas referente a cada imagem e fez suas representações simbólicas corretamente	Identificou os fenômenos e fez de forma parcialmente correta com as representações simbólicas	Não soube/ não respondeu
Quantidade de alunos	18	12	0

Fonte: Elaboração própria (2022).

Como observado na Figura 32, esses alunos conseguiram identificar corretamente as três dimensões referentes ao estado gasoso, ou seja, se demonstraram aptos a transitar entre as dimensões macroscópica, submicroscópica e simbólica.

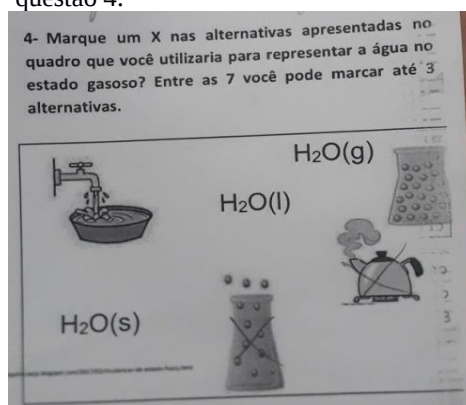
Figura 32 – Exemplo de resposta considerada adequada para a questão 4.



Fonte: Elaboração própria (2022).

Já as respostas dos alunos classificadas como parcialmente adequada (Figura 33), eles conseguiram identificar apenas duas dimensões da Química, demonstraram que ainda não compreendem as três formas de representação, apresentando dificuldade para lidar com esta realidade, pois, todos os 12 alunos conseguiram visualizar duas das dimensões químicas, não tendo transitado entre as três dimensões. No entanto, em relação ao resultado obtido no primeiro questionário, houve uma melhora significativa, pois, nenhum aluno permaneceu observando apenas uma dimensão, todos conseguiram transitar entre pelo menos duas delas, ao contrário dos resultados obtidos anteriormente (Quadro 4), onde 8 alunos não conseguiram responder à questão, ou seja, não identificou nenhuma dimensão Química.

Figura 33 – Exemplo de resposta considerada parcialmente adequada para a questão 4.

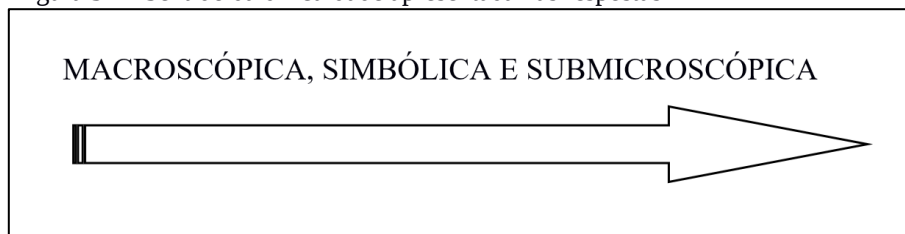


Fonte: Elaboração própria(2022).

Por conseguinte, diante dos resultados obtidos ao longo da pesquisa, foi possível concluir que os alunos pesquisados apresentaram maior facilidade em representar, reconhecer e analisar os fenômenos e conceitos Químicos estudados em uma dimensão macroscópica. Os

alunos apresentaram, ao longo de toda pesquisa, uma tendência em analisar e dar explicações aos conteúdos em uma dimensão visível, sendo esta a que estes apresentaram menor dificuldade de compreensão, corroborando com os postulados dos autores supracitados ao longo de todo o trabalho. Na primeira etapa da coleta de dados os resultados demonstraram que a dimensão em que estes teriam mais dificuldades seria a simbólica, no entanto, com a aplicação da intervenção e o segundo questionário, observou-se que a representação a qual esses alunos apresentaram maior dificuldade, pouca familiaridade e compreensão, foi a representação submicroscópica o que nos leva a conclusão de que o verdadeiro sentido de maior dificuldade está na direção esquematizada abaixo (Figura 34).

Figura 34 – Sentido da dificuldade apresentada nas respostas



Fonte: Elaboração própria (2022).

Esses resultados corroboram com os postulados do principal estudioso a respeito do tema, Johnstone (2009) destaca que o ensino se dá quase que exclusivamente em dois vértices do triângulo, o macroscópico e simbólico, e, como evidenciado no resultado da pesquisa, foi visto que os alunos possuem uma tendência em se fixar apenas na parte visível, ficando de lado a parte submicroscópica da Química, e, como visto ao longo dos resultados, a segunda e última etapa demonstraram que os alunos não possuíam capacidade mental para explicar os fenômenos visíveis a nível atômico e molecular, o qual se faz extremamente necessário, pois é o que propõe explicações para os acontecimentos observáveis, complementando e auxiliando na estruturação do conhecimento, sendo inseridos aspectos mais específicos da Química em relação ao que se vê na realidade (MELO; SILVA; 2019). Diante do que foi observado na primeira etapa, foi buscado minimizar as dificuldades dos alunos propondo um ensino em que eles pudessem visualizar o comportamento dos átomos em relação às propriedades da água, como seus estados físicos e o fenômeno da tensão superficial a partir das três dimensões do conhecimento químico.

Com isso, notou-se uma melhor interpretação e descrição dos assuntos supracitados, levando a conclusão de que com a ênfase no aspecto submicroscópico houve uma melhor compreensão, no entanto, ainda fragilizadas pelos motivos já explicitados acima. Sendo

assim, com a ausência da representação submicroscópica é possível afirmar que esses alunos não foram estimulados a imaginar, tendo por consequência dificuldades em compreender esta ciência por não haver um estímulo ao pensamento, e, como já mencionado acima, a imaginação é fundamental para compreensão da Química, visto que esta é uma ciência visual.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi discutido e analisado durante todo o trabalho é importante considerar que a Química é uma ciência diferente das demais, esta, por exigir um entendimento e compreensão em três dimensões, requer uma abordagem mais específica, onde cada uma dessas dimensões sejam abordadas e exploradas de forma individual e, posteriormente, simultaneamente no contexto do ensino do educando. Nesse sentido, os resultados obtidos demonstraram que os alunos pesquisados apresentaram dificuldade em compreender os conteúdos trabalhados, sendo verificado que esta objeção se deu mais em relação à dimensão submicroscópica seguida pela simbólica, tendo visto que estes apresentaram mais facilidade em representar os fenômenos em nível macroscópico.

Essa situação verificada explicou as dificuldades observadas durante toda a realização da pesquisa, pois, os alunos apresentaram dificuldades de compreensão das propriedades físico-químicas apresentadas. Alguns destes, mesmo após a intervenção, permaneceram dando explicações dos assuntos não coerentes com o conhecimento científico, limitando-se a parte visível, sendo verificado que isso se deu devido a fragilidade do conhecimento das duas dimensões supracitadas. Diante disso, é válido mencionar a importância de se trabalhar em sala de aula os três vértices do conhecimento Químico, e, tendo em vista que essas apresentam iguais relevâncias no ensino de ciências, a ausência de uma delas pode deixar o ensino e a aprendizagem fragilizados.

Contudo, a ausência da representação submicroscópica, que é o mais recorrente, pode ter um impacto ainda mais negativo, pois a abordagem a nível molecular proporciona um entendimento mais completo e também um maior aprendizado da disciplina, estabelecendo uma visão ampla e uma melhor compreensão da matéria e suas transformações, sendo a base para se entender o que acontece no mundo real e também as suas representações simbólicas. No entanto, as três dimensões químicas estão interligadas entre si, tendo cada uma delas seus papéis e importância no contexto do ensino, sendo fundamentais para compreensão da ciência supracitada, estas, não devem ser deixadas de lado ou dada mais importância a uma do que a outra.

REFERÊNCIAS

- ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de química:** questionando a vida moderna e o meio ambiente. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.
- BAIRRAL, José Ricardo dos Santos. **Ângulo de Contato e Energia de Superfície.** [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/#!/pesquisa/laptec/linhas-de-pesquisa/caracterizacao-de-materiais/>. Acesso em: 15 maio. 2022.
- BATISTON, Weliton Pedro; SILVA, Camila Fontes Neves da; KIOURANIS, Neide Maria Michellan. Compreensão da linguagem química simbólica por alunos de ensino médio. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2012, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: UFBA, 2013. p. 1-8. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/8117/5845>. Acesso em: 13 maio. 2022.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 13 maio. 2022.
- DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, Pelotas, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/404>. Acesso em: 13 maio. 2022.
- EXERCÍCIOS sobre estados físicos (agregação) e transformações da matéria. [S. l.: s. n.], [2022]. Disponível em: <https://olharquimico.com/2020/02/21/exercicios-sobre-estados-fisicos-agregacao-e-transformacoes-da-materia/>. Acesso em: 15 maio. 2022.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2008.
- GOMES, Abílio Soares; CLAVICO, Etilene. **Propriedades físico-químicas da água.** Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2005. Disponível em: <http://ole.uff.br/wp-content/uploads/sites/290/2017/11/PropriedadesH2O.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2022.
- HENRIQUE, Lásaro. **Biologia molecular:** água e sais minerais. [S. l.: s. n.], [2019]. Disponível em: <https://www.vestcursos.com/APOSTILA%201%20-%20MO%CC%81DULO%20II%20-%20A%CC%81GUA%20e%20SAIS%20MINERAIS.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2022.
- IDENTIFICAR os estados físicos da água. [S. l.: s. n.], [202-]. Disponível em: <https://novaescola.org.br/questoes/203/identificar-os-estados-fisicos-da-agua>. Acesso em: 15 maio. 2022.
- MELO, Mayara Soares de. **A transição entre os níveis:** macroscópico, submicroscópico e representacional: uma proposta metodológica. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Faculdade UNB Planaltina, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26512/2015.07.D.19177>. Acesso em: 13 maio. 2022.

MELO, Mayara Soares de; SILVA, Roberto Ribeiro da. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, Santarém, v. 9, n. 5, p. 301-330, 2019. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/revistaexitus/article/view/1109>. Acesso em: 13 maio. 2022.

MORTIMER, Eduardo Fleury. O significado das fórmulas químicas. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 3, p. 19-21, maio. 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/conceito.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2022.

PAULETTI, Fabiana; ROSA, Marcelo Prado Amaral; CATELLI, Francisco. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 121-134, set./dez. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpr.edu.br/rbect/article/view/1366>. Acesso em: 13 maio. 2022.

SANTOS, Ana Carla Oliveira; MELO, Marlene Rios; ANDRADE, Tatiana Santos. Identificando modelos mentais de equilíbrio químico: uma alternativa para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. **Revista Fórum Identidades**, Itabaiana, v. 18, n. 18, p. 35-56, maio./ago. 2015. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/forumidentidades/article/view/4752>. Acesso em: 15 maio. 2022.

SETTI, Grazielle de Oliveira; GIBIN, Gustavo Bizarria; FERREIRA, Luiz Henrique. Ensino de geometria molecular por meio do uso de modelo físico construído com materiais recicláveis e de baixo custo. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 14, n. 2, p. 542-557, 2019. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID629/v14_n2_a2019.pdf. Acesso em: 15 maio. 2022.

SILVA JÚNIOR, Lauro de Oliveira; CAETANO, Lúcio Carramillo. **Água como substância**. [S. l.: s. n.], [2010]. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Agua-Como-Substancia-1374.html>. Acesso em: 15 maio. 2022.

SOUZA, Jorge Luiz Moretti de. **Unidade 2 – propriedades físicas da água**. [S. l.: s. n.], [1998]. Disponível em: http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/raspa/U_I02_propriedades_da_agua.pdf. Acesso em: 16 maio. 2022.

TREVISAN, Tatiana Santini; HARACEMIV, Sonia Maria Chaves; BARBOZA, Liane Maria Vargas. Aprendendo a ensinar química a partir da visão macroscópica na construção do lógico-formal. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2012, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: UFBA, 2013. p. 1-8. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7802/5528>. Acesso em: 13 maio. 2022.

WARTHA, Edson José; GUZZI FILHO, Neurivaldo José de; JESUS, Raildo Mota de. O experimento da gota salina e os níveis de representação em química. **Educación química**, Cidade do México, v. 23, n. 1, p. 55-61, jan. 2012. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30099-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30099-X). Acesso em: 13 maio. 2022.

WARTHA, Edson José; REZENDE, Daisy de Brito. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 275-290, abr./ago./dez. 2016. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/230>. Acesso em: 13 maio. 2022.

APÊNDICE B – PLANO DE AULA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CAMPUS AGRESTE PLANO DE AULA

Preceptor	Daniela de Oliveira Lopes		
Profa. orientadora	Ana Paula de Souza de Freitas		
Instituição	Escola Dr. Fernando Pessoa de Melo		
Disciplina	Química		
Data de Aplicação	X/03/2022	Horário	X

1. Conteúdo

- Estados físicos da Água;
- Propriedades físico-químicas da água – forças e coesão das moléculas de água;
- Tensão Superficial

2. Objetivos

- Compreender os estados físicos da água em uma perspectiva submicroscópica;
- Identificar os processos de mudança dos Estados físicos da água a partir de fenômenos macroscópicos;
- Identificar os estados físicos da água a partir de suas representações simbólicas;
- Entender o fenômeno da Tensão Superficial a partir da perspectiva submicroscópica, ressaltando as forças de coesão existente entre as moléculas.
- Transitar entre as dimensões simbólica, macroscópica e submicroscópica em relação aos conteúdos abordados

3. Metodologia

- Inicialmente serão apresentados alguns slides falando sobre a água, ressaltando esta como sendo uma substância abundante e imprescindível para a vida dos seres vivos.
- Em seguida, serão levantadas as primeiras indagações: Explique quais são os estados físicos da água? E, como podemos identificá-los a partir de exemplificações de fenômenos macroscópicos?; Em seguida será dada as explicações;
- A partir disso, será questionado aos alunos como eles explicariam

ou representariam como é a agregação das moléculas em cada estado? E posteriormente as respostas serão complementadas com algumas imagens representando o nível submicroscópico correspondente a cada estado físico da água;

- Após, será apresentado aos alunos um vídeo retirado do youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=fOLiXMnTCko> o qual demonstra o fenômeno da tensão superficial. Em seguida será indagado a eles: Como vocês representariam as interações entre as moléculas no fenômeno da tensão superficial de forma que explique o que foi observado no vídeo?;
- Em seguida, será abordado como as interações entre as moléculas de água possibilitam que os insetos consigam andar sobre ela, e para finalização deste assunto e melhor entendimento desta propriedade serão apresentados dois vídeos disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=FGaSscNC8PM>;
- Em seguida, será questionado aos alunos se estes conhecem a fórmula molecular da água. Após isso será apresentado o seguinte vídeo retirado do youtube: <https://youtu.be/BZH8E9v7cnM> o qual demonstra um desconhecimento das pessoas sobre a fórmula da molécula de água.
- A partir do vídeo será utilizado o quadro da sala de aula, para explicar o que são equações químicas, evidenciando símbolos e a linguagem Química;
- Nesse ponto, serão retomados os estados físicos da água a partir de fenômenos macroscópicos, e esta etapa da aula será iniciada com a seguinte indagação: como representar essas mudanças de estados físicos da água usando uma linguagem simbólica da química?;
- Após isso, será retomada a indagação e feito as explicações de como representar essas transformações através de equações químicas;
- Por fim, será feito uma análise, como forma de exercício, junto aos alunos da identificação dos estados físicos da água em uma perspectiva submicroscópica, macroscópica e simbólica.

4. Recursos didáticos utilizados

- Slides (elaboração própria), vídeos retirados do youtube e Instagram, quadro da sala de aula.

5. Avaliação da aprendizagem

- Interação e participação na aula;

Bibliografia

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. Bookman Editora, 2018.

CHANG, Raymond. **Química geral**. AMGH Editora, 2009.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO Nº 2

1- Explique como estão agregadas as moléculas de água nos estados:

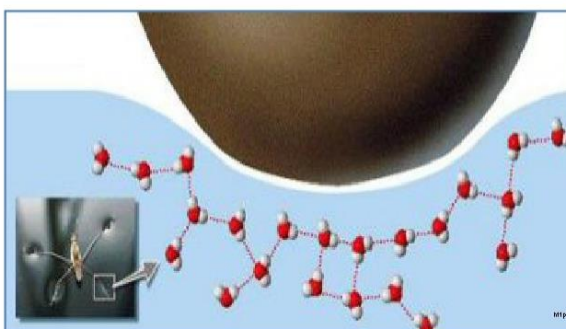
a) Sólido:

b) Líquido:

c) Gasoso:

2- Observe a figura a seguir, e explique a ocorrência do fenômeno com base nas interações intermoleculares da água.

Imagem 1: Tensão Superficial da Água



<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Agua/Agua4.ph>

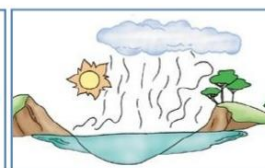
3- Escreva a equação correspondente a cada transformação do estado físico da água:

Imagem 1: Gelo derretendo Imagem 2: água evaporando



https://br.freepik.com/fotos-premium/cubo-de-gelo-derretido-isolado-no-fundo-branco_14527037.htm

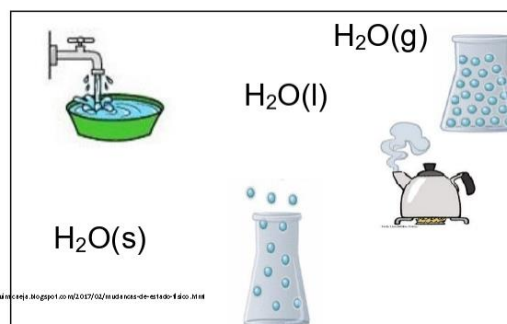
Equação Imagem 1



<https://www.coladaweb.com/biologia/ecologia/estados-fisicos-agua>

Equação imagem 2

4- Marque um X nas alternativas apresentadas no quadro que você utilizaria para representar a água no estado gasoso? Entre as 7 você pode marcar até 3 alternativas.



APÊNDICE D – TABELA DE CATEGORIAS PARA ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Dimensão	Resposta Adequada	Resposta Parcialmente Adequada	Resposta Inadequada
Quantidade de alunos			