

## A metavisualização na representação da evaporação da água com um grupo de estudantes surdos

Carla Patricia Araújo Florentino<sup>1</sup>, Juliana Renovato Vizza<sup>2</sup>, Solange Wagner Locatelli<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Doutoranda em Ensino e História das Ciências e da Matemática pela Universidade Federal do ABC (UFABC)

 <https://orcid.org/0000-0003-3652-0051>

<sup>2</sup>Licenciada em Ciências da Natureza pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades pela Universidade de São Paulo (EACH/USP)

 <https://orcid.org/0000-0002-0963-8305>

<sup>3</sup>Doutora em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (USP)  
Professora Adjunta da Universidade Federal do ABC (UFABC)

 <https://orcid.org/0000-0002-7639-6772>

### Metavisualization in the representation of water evaporation with a deaf students' group

#### ABSTRACT

This article aims to verify the metavisualization in the review of explanatory models about the representational levels of Chemistry based on "water evaporation" theme with a deaf students' group in the third year of a bilingual high school. The research was carried out in a qualitative approach using a descriptive study. We proposed an activity using the PhET simulator through three stages: I) contextualization of the theme; II) elaboration of a drawing (ME1); III) re-elaboration of a drawing (ME2). For data analysis, categories of explanatory models (ME1 and ME2) and transcription of the students' speeches (in Brazilian Sign Language - LIBRAS) were used. It was found that the metavisual strategy enabled students to review their explanatory models with the opportunity to change from the macro to the submicro representational level, showing proximity to scientific models on water evaporation.

#### Informações do Artigo

Recebido: 04/06/2021

Aceito: 10/05/2022

#### Palavras-chave:

Metacognição; Ensino de Química; Educação de Surdos.

#### Key words:

Metacognition; Chemistry Teaching; Deaf Education.

#### E-mail:

[carla.florentino@ufabc.edu.br](mailto:carla.florentino@ufabc.edu.br)

## INTRODUÇÃO

Os conceitos químicos podem possibilitar a compreensão das transformações que ocorrem na natureza e em nosso dia a dia, mesmo os fenômenos que são imperceptíveis a olho nu. Gilbert e Treagust (2009) argumentam sobre os aspectos fenomenológicos da química, considerando o nível macro como um fenômeno visível, o nível submicro sendo as explicações qualitativas acerca dos fenômenos e o nível simbólico representando os símbolos e equações que associam aos fenômenos. Considerando os níveis representacionais da química, se torna relevante possibilitar aos estudantes

desenvolver habilidades que permitam transitar nos níveis macro, submicro e simbólico, contribuindo assim na construção e elaboração de modelos explicativos do conhecimento científico.

Corroborando para este pensamento, os autores Locatelli, Ferreira e Arroio (2010) evidenciaram que utilizar visualizações no ensino de Ciências possibilita verificar processos mentais, necessários como estratégias na aquisição do conhecimento a partir da complexidade da linguagem científica.

De acordo com Locatelli (2016), as estratégias metacognitivas permitem uma aprendizagem efetiva por meio da metacognição em relação à visualização, constituindo-se assim a metavisualização. Segundo a autora, trata-se de uma habilidade que se desenvolve pelo esforço e tomada de consciência e que as informações por meio de visualizações externas são diversas e tornam-se essenciais para que um estudante se torne metavisual.

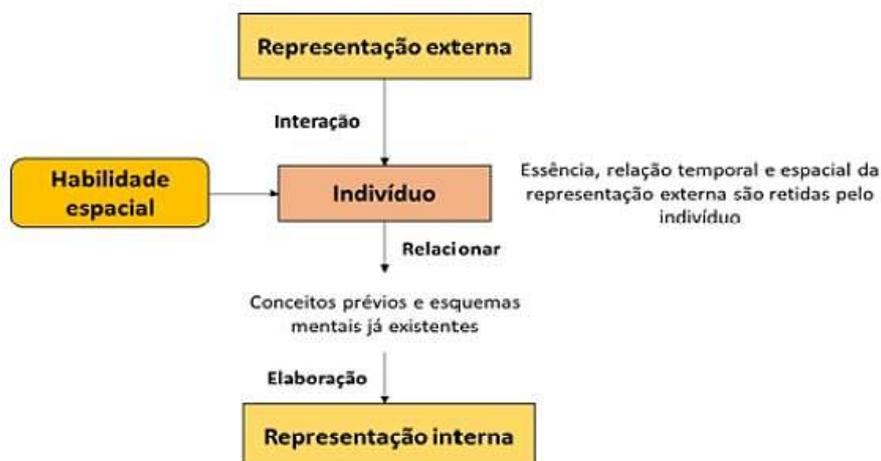
Concernente aos estudantes surdos, as estratégias metavisuais alinhadas a modalidade viso-espacial da língua de sinais podem potencializar a elaboração de modelos explicativos da linguagem química em seus níveis representacionais. Considerando a especificidade linguística e o reconhecimento da Língua Brasileira de Sinais – Libras pela lei 10436 (2002), objetivamos verificar em quais dos níveis representacionais da química, um grupo de estudantes surdos transita a partir da elaboração de modelo explicativo com a temática evaporação da água. Para isso, a questão norteadora foi a seguinte: *De que forma estratégias metavisuais podem potencializar a construção de modelos explicativos a partir dos níveis representacionais da química com um grupo de estudantes surdos?*

## **METAVISUALIZAÇÃO**

As visualizações se apresentam de duas formas: (i) externas, compreendendo o que está disponível no ambiente e as (ii) internas, desenvolvidas na mente de cada pessoa (RAPP; KURBY, 2008). Considerando o contexto educacional, as visualizações externas consideram mapas e gráficos (por exemplo), enquanto que as visualizações internas são as distintas formas que os alunos compreendem, interpretam as interações com o meio em suas mentes (FERNANDES, 2020).

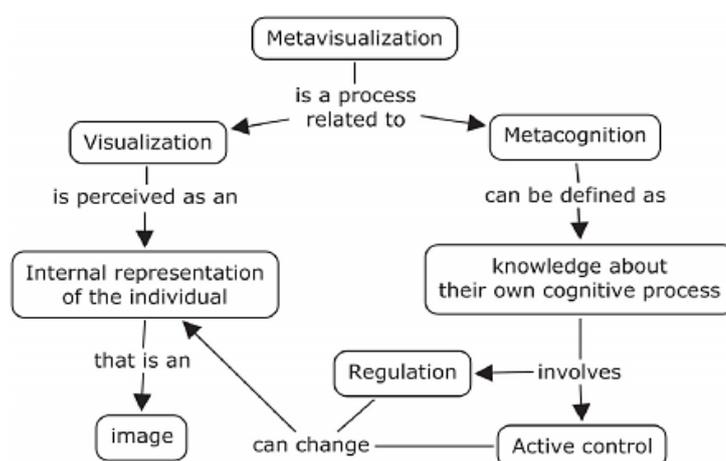
Segundo Fernandes (2020), num processo de visualização “...uma representação externa pode interagir com um indivíduo, e por meio de uma habilidade espacial, pode relacionar-se com os conceitos prévios já existentes sobre o assunto...” (FERNANDES, 2020, p. 13).

A Figura 1 mostra um esquema elaborado pelo autor referente ao processo de visualizações externas e internas.



**Figura 1.** Processo de Visualizações (FERNANDES, 2020, p.13)

Em concordância com Locatelli, Ferreira e Arroio (2010), a metavizualização promove aprendizagem da Química ao considerar habilidades de interpretação e processamento imagético por meio da visualização de modelos mentalmente. Além disso, os autores argumentam que “a visualização é um elemento crucial no aprendizado de química, e na produção de modelos, por isso é necessário que os alunos se tornem metacognitivos em relação a visualização...” (LOCATELLI; FERREIRA; ARROIO, 2010, p.81). A Figura 2 mostra a relação da metavizualização com os processos cognitivos.



**Figura 2.** Metavizualização (LOCATELLI, FERREIRA E ARROIO, 2010, p. 80)

Embora sejam evidenciados processos cognitivos nos conceitos de metavizualização e metacognição, Locatelli (2016) distingue a metavizualização especificamente ancorada nas

visualizações de imagens e os processos que as envolvem, já a metacognição se refere a pensar sobre qualquer processo cognitivo (LOCATELLI, 2016).

Hung, Chang e Hung (2019) salientam sobre a relevância de estudos empíricos e teóricos acerca de *insights* promovidos pela metavizualização no ensino e aprendizagem de ciências.

Recentemente, Locatelli e Davidowitz (2021) propuseram uma estratégia metavisual com intuito de analisar como dois graduandos do curso de Práticas de Química II revisavam modelos explicativos em nível submicro da linguagem química a partir de um experimento investigativo, utilizando massinha de modelar a fim de representarem uma reação química. Com isso, as autoras oportunizaram aos estudantes reverem seus modelos, após apresentarem um modelo explicativo da mesma reação química em nível submicro elaborado pelas próprias autoras. Neste sentido, as representações externas, em especial estratégias metavisuais, podem potencializar a autorregulação e (re) construção do conhecimento, levando em consideração conhecimentos prévios. Assim, a utilização de figuras, imagens, gráficos, experimentos fenomenológicos e simuladores com os alunos, podem desenvolver habilidades metavisuais.

## **NÍVEIS REPRESENTACIONAIS DA QUÍMICA E O PHET COMO ESTRATÉGIA METAVISUAL**

Os conceitos químicos muitas vezes são vistos como algo distante e complexo por muitos estudantes, conforme evidenciado por Pozo e Crespo (2009). É comum os alunos demonstrarem dificuldades que abrangem aspectos abstratos e imaginários, como a representação de átomos e moléculas, bem como representar aspectos simbólicos referentes às equações e fórmulas. Gilbert e Treagust (2009) apoiados nas concepções de Johnstone, propuseram a seguinte denominação para os três níveis representacionais, denominados macro, submicro e simbólico.

De acordo com Gilbert e Treagust (2009) a utilização dos três níveis representacionais busca, por meio da química, compreender qualitativamente e quantitativamente comportamentos observáveis das transformações químicas. No entanto, os autores salientam que o nível submicro se refere a explanação qualitativa acerca do fenômeno macro, nível explicativo que se utiliza das partículas para representar e explicar dado fenômeno. Além disso, o nível simbólico traz as relações quantitativas, representadas pelas equações químicas.

Para Treagust, Chittleborough e Mamiala (2003) os fenômenos do dia a dia se referem ao nível macro, o processo de evaporação, por exemplo, pode ser observado em diversas situações do cotidiano, desta forma, é um fenômeno acessível aos nossos sentidos. Referente ao nível submicro Al-Balushi (2013), salienta que é um processo abstrato dificultando a compreensão por parte dos alunos, assim compreender a evaporação neste nível é requerida a abstração de modelos mentais sobre as moléculas de água, bem como sua movimentação. Além disso, estudos realizados por Al-Balushi (2013) sobre a representação submicro, evidenciou fragilidade dos alunos transitarem do macro para o submicro, considerando baixa habilidade de compreensão dos aspectos fenomenológicos.

Sobre o nível simbólico Taber (2009) argumenta que nem sempre os alunos conseguem expressar suas ideias provenientes de conceitos químicos por meio de símbolos, os quais representam o nível simbólico. Um exemplo acerca da evaporação prevê que o aluno possa representar simbolicamente a molécula e interações da água.

As estratégias metavisuais podem potencializar a compreensão dos modelos explicativos de fenômenos científicos, vinculados às representações macro, submicro e simbólica da química. Particularmente, o uso de animações pode possibilitar o desenvolvimento metavisual e monitoramento dos processos cognitivos.

A respeito de animações no Ensino da Química, um estudo realizado por Kelly (2017) investigou o monitoramento metacognitivo de estudantes de Química, ao analisarem modelos explicativos a partir de dois modelos de animações, os quais representavam a mesma reação de oxidação e de redução. O intuito da pesquisa foi verificar a criticidade dos estudantes, ao compararem qual das animações representava cientificamente a reação de cobre sólido e solução aquosa de nitrato de prata. De acordo com a autora, os alunos demonstraram preferência na animação de mecanismo mais simples, ao invés da animação mais complexa, evidenciando dificuldades na compreensão do submicro, neste sentido, no mecanismo que exigia maior abstração.

Kelly (2017) ainda salienta que os estudantes têm maior conexão com o nível macroscópico, esse fato evidencia uma preferência por modelos mais simplistas tangente às animações. Ainda vale ressaltar que a autora caracteriza a pesquisa como fenomenográfica, na qual descreve a variação nas experiências ou percepções que um determinado grupo de pessoas tem de um determinado fenômeno.

Seguindo a premissa de animações no processo de ensino e aprendizagem da Ciências, Vasconcelos (2015) corrobora ao afirmar que as estratégias visuais, por meio de animações, permitem o envolvimento dos alunos na compreensão da Ciências, principalmente priorizando aspectos investigativos conectados ao mundo real. A autora ainda discorre sobre o aporte tecnológico no cenário educacional, argumentando que “os avanços nas pesquisas no que se refere a aprendizagem de Química com auxílio de recursos tecnológicos, possibilitaram a criação e desenvolvimento de ferramentas que auxiliassem o processo de ensino e aprendizagem desta Ciência” (VASCONCELOS, p. 03, 2015)

Nesta perspectiva, o simulador PhET é um recurso tecnológico que pode ser utilizado em aulas de Ciências, bem como ser um potencializador de estratégia metavisual, considerando interações dos estudantes com visualizações conectadas ao mundo real.

O PhET se refere a uma plataforma virtual desenvolvida pela Universidade de Colorado em Boulder funcionando como um laboratório virtual. O site apresenta diversas simulações voltadas para as áreas de Ciências da natureza (Química, Física, Biologia e Matemática). A plataforma disponibiliza o uso gratuito e aberto para o público, as simulações são escritas em Java, Flash ou

HTML5, pode ser acessada diretamente na web, como também podem ser baixadas as simulações no computador.

Conforme apontado por Vasconcelos (2015), o intuito da plataforma é aproximar os usuários do conteúdo científico, principalmente estudantes, ao possibilitar que o público se envolva de forma interativa e, conseqüentemente, possam compreender fenômenos submicro contribuindo e facilitando o processo de aprendizagem.

## **LIBRAS E O ESTUDANTE SURDO NA PERSPECTIVA DO ENSINO DE CIÊNCIAS**

A Libras é o meio de comunicação das pessoas surdas no Brasil e têm seu reconhecimento pela lei 10.436 de 2002. Em conformidade com a lei em seu parágrafo único:

Entende-se como Língua Brasileira de Sinais – Libras a forma de comunicação e expressão em que o sistema linguístico de natureza visual-motora, com estrutura gramatical própria, constitui um sistema linguístico de transmissão de ideias e fatos, oriundos de comunidades de pessoas surdas no Brasil (BRASIL, 2002).

Neste sentido, a lei 10436/02, regulamentada pelo decreto 5626 de 2005, garante aos estudantes surdos um atendimento educacional em caráter inclusivo, apoiado na especificidade linguística. De acordo com Brito (2010), a língua de sinais é língua natural, esta percepção revela que assim como a língua oral, surgiu espontaneamente nas interações entre pessoas e devido a sua estrutura, permitem a expressão de qualquer conceito – descritivo, emotivo, racional, literal, metafórico, concreto, abstrato. Em suma, possibilita a expressão de qualquer significado decorrente da necessidade comunicativa e expressiva do ser humano.

Quadros (1997, p. 46) argumenta que “são línguas naturais que se desenvolvem no meio em que vive a comunidade surda”, segundo a autora, esses sistemas linguísticos permitem aos surdos expressarem suas ideias, sentimentos e ações.

No âmbito das pesquisas, se intensificam estudos que verificam o processo de ensino e aprendizagem de estudantes surdos concernente ao desenvolvimento escolar por meio da língua. No entanto, diversos fatores são evidenciados na educação de surdos que perpassam por modelos educacionais, históricos, culturais, identitários e linguísticos deste grupo minoritário (FLORENTINO, 2017).

Estudos que abordam o Ensino de Ciências com estudantes surdos apresentam ângulos diversos e comumente com base na língua e visualidade da língua de sinais. Em particular, na Química, estudos recentes de vários autores, corroboram com discussões acerca do ensino-aprendizagem, formação de professores, sinais específicos para termos químicos, intérpretes de Libras em aulas de Química e atividades de cunho investigativo (FLORENTINO, 2017; JACAÚNA, 2017; MARQUES, 2018; OLIVEIRA, 2018; PEREIRA, 2016; PHILIPPSSEN, 2018; SANTOS, 2016; SOUSA, 2016).

Tangente a modelos educacionais, Quadros (1997) salienta sobre a importância da compreensão do bilinguismo, revelando que tal proposta não estabelece uma dicotomia, mas sim o reconhecimento de duas línguas envolvidas no cotidiano dos surdos, a Língua Brasileira de Sinais e a Língua Portuguesa no contexto mais comum do Brasil.

Florentino e Miranda Junior (2020) realizaram um estudo com um grupo de estudantes surdos de uma escola bilíngue, no qual investigaram uma sequência de ensino investigativo – SEI com o tema leite adulterado. Os autores evidenciaram “que o ambiente bilíngue proporciona a interação e discussão de maneira efetiva entre os estudantes surdos, uma vez que as informações se tornam acessíveis, contribuindo para a criticidade e envolvimento com os temas pertinentes na sociedade” (FLORENTINO; MIRANDA JUNIOR, p. 19, 2020).

Contudo, verificar a visualidade da Libras, as interações promovidas pelo ambiente bilíngue em relação à habilidade metavisual considerando processos metacognitivos, ancoram os estudos investigados no presente artigo. Na próxima seção descrevemos sobre o aporte metodológico deste estudo.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa acreditando que “o ensino sempre se caracterizou pelo destaque de sua realidade qualitativa, apesar de manifestar-se frequentemente através de medições, de quantificações” (TRIVINOS, 1987, p. 117). Baseou-se em um estudo descritivo, por denotar que nele os dados são “ricos pormenores descritivos relativamente a pessoas, locais e conversas” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 16). Referente ao procedimento de análise acerca dos dados descritivos, optou-se pela análise de conteúdo de Bardin (1977) em que:

A análise de conteúdo pode ser considerada como um conjunto de técnicas de análises de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. (...) A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e de recepção das mensagens, inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos, ou não) (p.38)

Esta pesquisa propôs analisar a potencialidade de uma estratégia metavisual acerca do processo “evaporação da água” e as respectivas representações da linguagem química: macro, submicro e simbólica, considerando aspectos fenomenológicos a partir de modelos explicativos em forma de desenhos antes e após a estratégia metavisual, neste caso a utilização do simulador PhET.

Para este estudo, foram convidados quatro estudantes surdos do 3º ano do ensino médio de um colégio bilíngue da zona leste de São Paulo compreendendo 17 a 19 anos de idade. Os quatro estudantes aceitaram participar voluntariamente da pesquisa, autorizando também o uso de imagens e atividades desenvolvidas durante o estudo. Prezando pela confiabilidade e ética, denominaremos de maneira fictícia nossos participantes como Bruno (18 anos), Dênis (19 anos), Luísa (19 anos) e Rosa (17 anos). Ressaltamos que os quatro estudantes utilizam a Libras como

primeira língua, cursam o 3º ano do Ensino Médio na mesma turma, e com exceção de Dênis, que iniciou este ano na instituição, o grupo permanece junto desde o 1º ano do Ensino Médio. Ressaltamos que o convite foi realizado de forma aleatória e os participantes gentilmente aceitaram contribuir com este estudo.

Esclarecemos que priorizando a situação pandêmica referente a Covid-19 a pesquisa foi realizada de forma remota pelo aplicativo Zoom com duração total de 1h e 30 minutos. Para coleta de dados e análise dos mesmos, foram utilizadas as gravações do aplicativo Zoom, anotações e registros de pontos evidenciados pelos estudantes, desenhos elaborados pelo grupo, ME1 (modelo explicativo 1) e ME2 (modelo explicativo 2). O Quadro 1 mostra o roteiro de aplicação da atividade levando em consideração os três momentos de ações e objetivos planejados e organizados previamente.

**Quadro 1** – Roteiro de aplicação da atividade

	30 Min	Ações desenvolvidas	Objetivos	Coleta de Dados
MOMENTO – 1h30	I	Apresentação e agradecimentos. Contextualização sobre a água.	Levar os estudantes à reflexão sobre a importância da água e sua utilização no dia a dia.	Gravação dos discursos, anotações e registros de pontos em destaques durante os discursos dos estudantes
	II	Elaboração de desenho que represente a evaporação da água antes da estratégia metavisual (ME1)	Verificar os níveis representativos da linguagem química utilizados pelos alunos	
	III	(i) Demonstração do PhET	Oportunizar visualizações externas e formação/revisão das internas.	
		(ii) reelaboração de desenho que represente a evaporação da água após estratégia metavisual (ME2)	Verificar possível revisão e autorregulação.	
	(iii) Sistematização	Discussão dos desenhos antes e depois da utilização do simulador		

\* Todos os momentos foram discutidos na primeira língua dos estudantes, ou seja, em Libras.

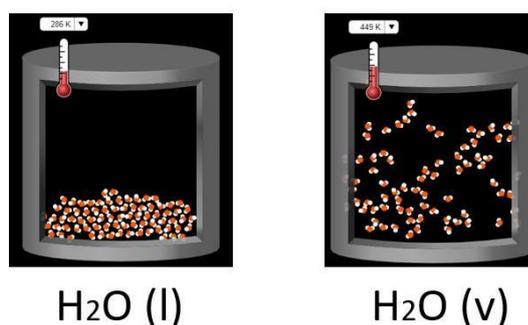
### Descrição dos momentos I, II e III.

**Momento I:** foi introduzido o tema “ÁGUA” de forma dialogada e com apresentação de um power point (ppt) com o intuito de contextualizar e discutir sobre a importância da água e a sua utilização no cotidiano a fim de propiciar reflexão e conexão com conceitos prévios, visando que os estudantes fizessem associações com os estados físicos, bem como os processos de mudanças de estados físicos.

**Momento II:** utilizado para que os participantes elaborassem seus desenhos propondo um modelo explicativo (ME1) que representasse o processo de evaporação da água. É um momento para explorar as representações da linguagem química preexistentes dos estudantes acerca do fenômeno e a questão apresentada pelas autoras: *Utilizando um desenho explicativo, como você*

representaria a evaporação da água. Ainda neste momento, após a elaboração dos desenhos, cada estudante, utilizando o próprio celular, registra em forma de foto seu desenho compartilhando com o grupo, em seguida discorrem sobre o ME1.

**Momento III:** visualização por meio da plataforma PhET, uma animação virtual, simulando o processo de evaporação da água em nível molecular associada à mudança de temperatura. Neste momento, considera-se a estratégia metavisual como momento em que os estudantes possam revisar seus desenhos ME1, oportunizando reelaboração do desenho, denominado neste trabalho como ME2. A Figura 3 exemplifica a animação utilizada neste momento.



**Figura 3:** Animação utilizada para representar a evaporação da água. Disponível em [https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_pt_BR.html)

Ainda neste momento foi realizada roda de conversa para fechamento e comparação dos dois modelos explicativos - Modelo explicativo antes da estratégia metavisual (ME1) e após a estratégia metavisual (ME2).

## DISCUSSÃO E RESULTADOS

Para a análise desta pesquisa realizamos um recorte no tocante aos dados coletados com os estudantes, focalizando nos desenhos, modelos explicativos (ME1 e ME2) e transcrição das falas (em Libras) antes e após a estratégia metavisual (TRL1 e TRL2). Seguindo os pressupostos da análise de conteúdo de Bardin (1977), organizamos nossa análise em três categorias levando em consideração a proximidade de ideias referente aos níveis representacionais da química, conforme ilustrado na Figura 4.

**CATEGORIA 1 - NÍVEL MACRO**

- representações fenomenológicas vinculadas aos aspectos macroscópicos com base em ME1, ME2, TRL1 e TRL2

**CATEGORIA 2 - NÍVEL SUBMICRO I**

- representações do nível submicro de forma básica ME1, ME2, TRL1 e TRL2

**CATEGORIA 3 - NÍVEL SUBMICRO II**

- representações do nível submicro mais próximas de modelos cientificamente aceitos ME1, ME2, TRL1 e TRL2 .

**Figura 4** – Categorias de análise organizadas pela proximidade de ideias.

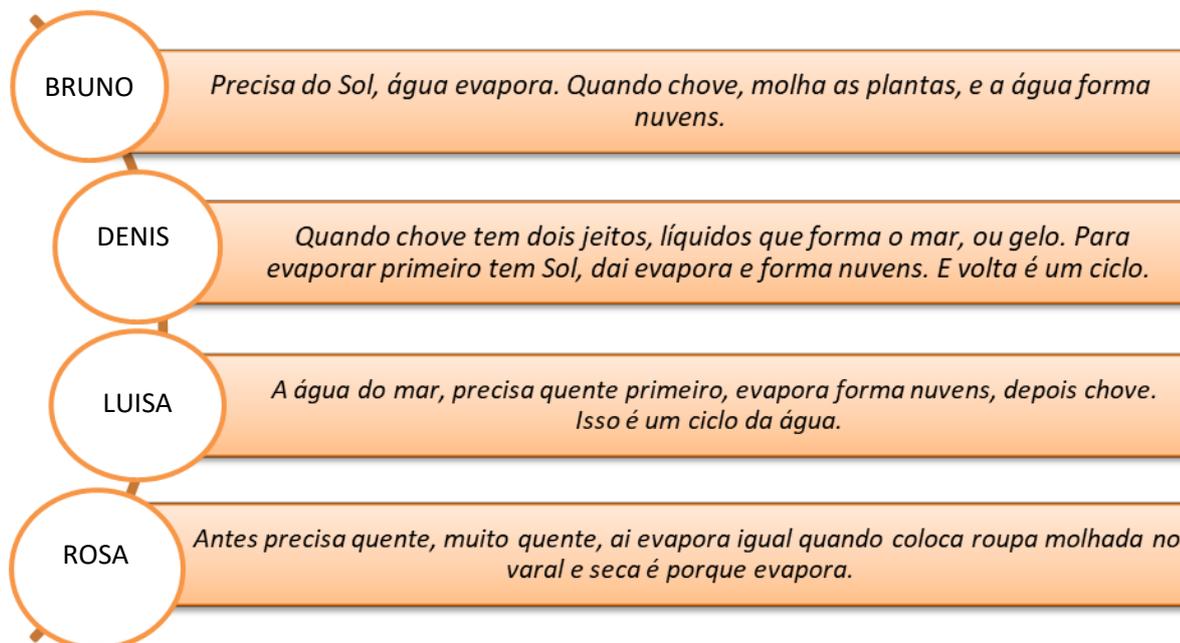
**Categoria 1 – Nível Macro**

Nesta categoria agrupamos as concepções dos quatro participantes com base nos desenhos elaborados (ME1) apoiados em trechos transcritos a partir das falas (em Libras). Os dados analisados se referem aos momentos I e II (quadro 1) coletados durante a atividade. Verificamos nesta categoria, que os alunos Bruno, Dênis, Luísa e Rosa utilizaram representação do nível macro acerca da evaporação da água e ilustrada na Figura 5.



**Figura 5** – Representações dos estudantes ME1

Os trechos transcritos (TRL1) que subsidiaram elementos inerentes aos modelos explicativos dos estudantes, foram observados contribuindo para a discussão desta categoria, como pode ser observado na figura 6, que evidencia aspectos interessantes das falas (em Libras) em relação aos modelos ME1 dos quatro participantes.



**Figura 6** – Trechos transcritos dos quatro estudantes (TRL1)

Conforme observado nos modelos explicativos ME1 em concordância com os trechos TRL1 verificamos aspectos macroscópicos sobre a evaporação da água a partir das semelhanças na elaboração dos desenhos, em que os alunos associaram coincidentemente processos naturais como: *ciclo da chuva, calor do sol, formação das nuvens, utilização de setas para destacar as mudanças de estado físico da água*. Todos esses elementos caracterizam a categoria denominada “nível macro”. Ainda nesta categoria, percebemos que todos os participantes utilizaram setas para indicarem o ciclo da água o que despertou uma reflexão referente aos modelos comumente apresentados em materiais didáticos e que, provavelmente, significou a projeção similar as interações externas em que os mesmos foram conectados previamente. Isso está de acordo com os estudos de (KELLY, 2017; TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2013) que apontam que o nível macro é de mais fácil acesso aos alunos, o que aconteceu com os quatro alunos considerados nesta análise.

É importante esclarecer que as transcrições realizadas neste estudo consideraram a Libras como primeira língua dos participantes em suas expressões, explanações, troca de ideias em consonância com os parâmetros linguísticos das línguas de sinais (BRITO, 2010). Contudo, prezou-se pela veracidade de todas as falas em Língua de Sinais na transcrição Libras-Português. Evidenciamos que a proposta bilíngue utilizada neste estudo (FLORENTINO; MIRANDA JUNIOR, 2020) proporcionou interação e discussão com efetividade entre os participantes, possibilitando envolvimento e criticidade ao tema proposto de forma acessível.

## Categoria 2 – Nível Submicro I

Nesta categoria foram considerados os desenhos dos modelos explicativos ME2 dos estudantes Dênis e Luísa. Diferentemente da categoria 1, ME2 representa uma reelaboração oportunizada aos estudantes, que puderam revisar seus modelos após visualizarem a simulação da evaporação da água proposta na plataforma PhET. Os dados foram coletados no momento III (quadro 1) durante a aplicação da atividade. Categorizamos como “nível submicro I” devido aos elementos básicos referentes a este nível representacional que apareceram nos desenhos dos estudantes, embora de forma incipiente, conforme mostra a Figura 7 com os desenhos (ME2) e trechos transcritos (TRL2).

	<p><b>ME2 e TRL2 – DÊNIS</b>  <i>Eu vi a temperatura no vídeo, que está em K (Kelvin) próprio americano e no Brasil usamos Celsius. Também tem a pressão, igual a panela quando sai aquele vapor</i></p>
	<p><b>ME2 e TRL2 – LUÍSA</b>  <i>Quando frio as moléculas estão juntas quando quente estão separadas. Moléculas é algo muito pequeno. O vídeo mostra é muito pequenininho</i></p>

**Figura 7:** ME2 e TRL2 dos estudantes Dênis e Luísa

Notamos que os desenhos reconstruídos por Dênis e Luísa, se assemelham pelas concepções associadas a temperatura, termômetro, referente a liberação de calor e escalas numéricas. Os dois estudantes de forma abrangente, representaram a partir das moléculas (bolinhas) fenômenos que caracterizam o submicro, no entanto um pouco distante de um modelo cientificamente aceito. Também verificamos que os estudantes enfatizaram conceitos semelhantes acerca de alguns conceitos da Física. Percebemos que o simulador promoveu interatividade a partir da visualização permitiu aos estudantes compreensão da variação de temperatura em relação a agitação das moléculas (VASCONCELOS, 2015). Ademais, a utilização da plataforma PhET na visualização do submicro, como aporte tecnológico (VASCONCELOS, 2015) contribuiu para que Dênis e Luísa estudantes revisassem seus modelos com surgimento de novos elementos fenomenológicos revelados em ME2.

Frisamos que a reconstrução dos modelos explicativos (ME2) de Dênis e Luísa demonstra a importância de potencializar atividades metavisuais que possam estimular os estudantes revisarem suas ideias (LOCATELLI; FERREIRA; ARROIO, 2010) possibilitando proximidade com os diferentes níveis representacionais da química.

### Categoria 3 – Nível Submicro II

A proximidade de ideias presentes nesta categoria se baseou em evidências representadas nos modelos explicativos (ME2) de Bruno e Rosa, em que os estudantes apresentaram elementos em seus desenhos, qualitativamente, mais próximos de um modelo cientificamente aceito. Desta forma, utilizaremos nesta categoria observações que fincaram aspectos do nível submicro de forma mais elaboradas comparado a categoria 2, em que denominados de “nível submicro II”.

Os modelos explicativos (ME2) analisados nesta categoria também partiram do momento II, ou seja, a partir das visualizações propostas após a utilização do simulador. Bruno e Rosa revelam dois contrapontos muito interessantes nos desenhos condizentes em suas falas (em Libras). A Figura 8 representa os ME2 dos estudantes de Bruno e Rosa.

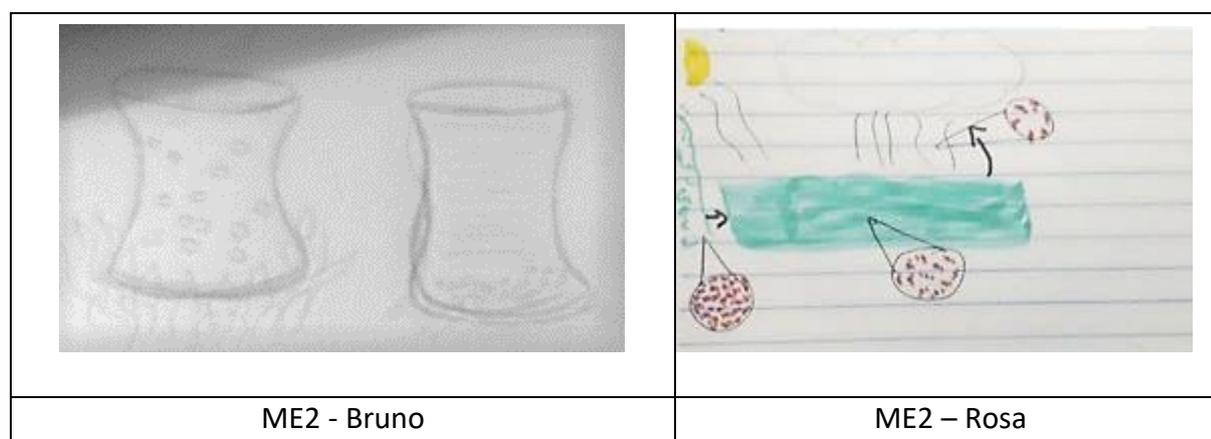


Figura 8 – ME2 estudantes Bruno e Rosa

Verificamos que a maneira de representar com bolinhas, a princípio parece revelar revisão a partir da visualização do PhET (VASCONCELOS, 2015), tanto no modelo de Bruno quanto no de Rosa. Entretanto, verificamos particularidades conceituais nas falas dos estudantes que corroboraram em nossa análise. Na fala de Rosa percebemos argumentos (BRITO, 2010; FLORENTINO; MIRANDA JUNIOR, 2020) interessantes na revisão de suas concepções conforme trecho transcrito (TRL2):

Eu fiz um curso de Ciências que mostrou igual esse. A água tem dentro, da própria química (bolinhas). Quando frio bolinhas juntas, igual o gelo, quadrado porque estão juntas, mas não vemos, é dentro da água profundo. Se quente as bolinhas se separam. Igual amigos podem estar juntos ou separados. Dentro da molécula tem

elemento químico tem vários tipos, exemplo a água: H se aproxima (junto) e forma as moléculas. Por isso elemento se uni (ROSA).

Conforme explanação de Rosa, notamos que a estudante atribuiu elementos do nível submicro ao modelo explicativo (ME1) elaborado em nível macro a priori. Além disso, Rosa demonstrou clareza na organização das moléculas vinculando as formas físicas da água (LOCATELLI; FERREIRA; ARROIO, 2010). No trecho transcrito, observamos que a estudante relembra conceitos prévios referente a linguagem química, como por exemplo, ligação química de elementos na formação de moléculas. O nível representacional simbólico aparece na transcrição se referindo ao hidrogênio (H), porém no desenho de Rosa essa informação é ausente, revelando que a estudante traz em seus pensamentos este símbolo (TABER, 2009).

A respeito de Bruno, o modelo explicativo ME2 se assemelha com a ideia proposta nesta categoria. As bolinhas representadas pelo estudante revelam proximidade com o nível submicro, assim como o desenho de Rosa. No entanto, identificamos que Bruno explanou de forma mais simples em relação a Rosa elementos do submicro. Na transcrição deste trecho: *“o vídeo mostra a água dentro e fora, se quente a água ferve as bolinhas se afastam. Se esquentar pode sumir”* (BRUNO), compreendemos que Bruno conseguiu revisar o nível macro (ME1) reelaborando seu desenho com indícios do nível submicro, porém ainda com dificuldades (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003) que puderam ser observadas no trecho de Bruno com discurso simples ao remeter a *“água dentro e fora”* (BRUNO).

Novamente, observamos que os modelos puderam ser revisados pelos estudantes, auxiliando no aprendizado de química (LOCATELLI, FERREIRA, ARROIO, 2010).

Os resultados acerca do submicro apresentados pelos 4 estudantes, reforçam os estudos de Al-Balushi (2013), que sinalizam a maior dificuldade encontrada pelos estudantes com relação a esse nível representacional.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que a estratégia metavisual por meio do simulador, funcionou de forma positiva, levando os estudantes a “entrar” mesmo que de forma simples no nível submicro, potencializando a revisão de seus modelos explicativos, colaborando para aproximá-los do modelo cientificamente mais aceito, para a representação da evaporação da água.

Podemos notar a funcionalidade da estratégia metavisual, principalmente em seus desenhos, como também nas falas dos estudantes após a apresentação da animação, destacando os modelos de Bruno e Rosa, que chegaram mais próximos da representação do submicro proposto no PhET. Embora os modelos de Dênis e Luísa tenham sido classificados em uma categoria mais básica no que se refere ao nível submicro, (Nível submicro I) ambos também foram impulsionados a refletir mesmo que de forma incipiente o nível submicro, no qual pudemos ver a transição do nível

macro em ME1 para o nível submicro I em ME2. Assim é presumível certificar o desenvolvimento da habilidade metavisual, quando comparamos o ME1 e ME2, onde todos os alunos transitaram de um nível para o outro, podendo reformular os seus modelos para melhor explicação do processo de evaporação da água.

Em suma, as estratégias visuais podem ser efetivas para o desenvolvimento de habilidades metavisuais que podem oportunizar atividades metacognitivas no processo de aprendizagem de conceitos químicos, em particular, na compreensão dos níveis representacionais da química, considerando conhecimentos prévios. Desta forma, atividades que estimulam habilidades metavisuais podem possibilitar aos estudantes entendimento dos fenômenos naturais submicroscópicos, não identificados a olho nu, bem como elaborar modelos explicativos com representações cientificamente aceitas.

## Referências

AL-BALUSHI, S. M. The effect of diferente textual narrations on students' explanations at the submicroscopic level in chemistry. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, v. 9, n. 1, p. 3-10, 2013.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal, Editora Porto, 1994.

BRASIL. Lei n. 10.436, de 24 de abril de 2002. **Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 25 abril 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/L10436.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10436.htm)

BRASIL. **Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial**. Decreto Nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005.

BRITO, L. F. **Por uma gramática de línguas de sinais**. Rio de Janeiro, Editora TB Edições Tempos Brasileiros, 2ª edição, 2010.

GILBERT, J. K.; TREAGUST, D. Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. Em J. Gilbert & D. Treagust, **Multiples representations in chemical education**, v. 4, p. 1-8, 2009.

HUNG, J. Y.; CHANG, H. Y.; HUNG, J. F. An Experienced Science Teacher's Metavisualization in the Case of the Complex System of Carbon Cycling, **Res. Sci. Educ**, p. 1-29, 2019.

JACAÚNA, R.D.P. **Tecnologias assistivas e elaboração de material didático com base na aprendizagem significativa para o ensino de química para alunos surdos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Roraima UERR, 2017.

KELLY, R. M. Learning from contrasting molecular animations with a metacognitive monitor activity. *Educación Química*, v. 28, n. 3, p. 181-194, 2017.

FERNANDES, B. G. **O estudo metacognitivo de representações visuais na compreensão das interações intermoleculares**. Dissertação de Mestrado 162f. Universidade Federal do Grande ABC, 2020.

FLORENTINO, C. P. A.; MIRANDA JUNIOR, P. Adulteração do leite: uma proposta investigativa vivenciada por um grupo de estudantes surdos na perspectiva bilíngue. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, p. 1-21, 2020.

FLORENTINO, C. P. A. **Análise de uma sequência de ensino investigativa no ensino de química realizada com um grupo de estudantes surdos**. Dissertação de Mestrado. Instituto Federal de São Paulo – IFSP, 2017.

LOCATELLI, S. W.; DAVIDOWITZ, B. Using metavisualization to revise na explanatory model regarding a chemical reaction between ions. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 1, p. 1-14, 2021.

LOCATELLI, S. W. **Relações existentes entre metavisualização e as representações simbólica e submicro na elaboração de atividade em química**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

LOCATELLI, S. W.; FERREIRA, C.; ARROIO, A. Metavisualization: an important skill in the learning chemistry. *Problems of Education in the Twenty First Century*, v. 24, p. 75-83, 2010.

MARQUES, R. H de S. **O ensino de química para surdos: produção de planos de aula especializado para turmas inclusivas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia- UFU, 2018.

OLIVEIRA, C. E. **Atividades Experimentais: Estratégia no Ensino de Conceitos Químicos para Estudantes Surdos no Ensino Fundamental II**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília- UNB, 2018.

PEREIRA, G. A. **Criação de sinais para os conceitos químicos “base” e “neutro” em língua brasileira de sinais – libras**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Roraima- UERR, 2016.

PHILIPPSSEN, E. A. **Formação inicial de professores de Química em uma perspectiva de atuação profissional como tradutor e intérprete de Língua de Sinais: um estudo sobre a codocência**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre, Editora Artmed, 5ª edição, 2009.

QUADROS, R. M. **Educação de Surdos: aquisição da linguagem**. Porto Alegre, Editora Artmed, 1997.

RAPP, D.; KURBY, C. The 'ins' and 'outs' of learning: internal representations and external visualizations. In: Gilbert, J, K. et al. (Eds.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Springer, p. 29-52, 2008.

SANTOS F. A. **Expressões químicas sinalizadas nas mãos de intérpretes de Libras**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual da Paraíba UEPB, 2017.

SOUSA, M. **Construção de significados e apropriação do conhecimento científico em aulas de química no contexto educacional bilíngue de surdos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Grande ABC- UFABC, 2016.

TABER, K. S. Learning at the symbolic level. In: GILBERT, J. K; TREAGUST, D. F. (eds). **Multiple representations in Chemical Education**, v. 4, p. 75-104, 2009.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T. L. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, v.25, n. 11, p.1353-1368, 2003.

TRIVINOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo, Editora Atlas, 1987.

VASCONCELOS, F. Levantamento e análise das simulações do PhET para o ensino e aprendizagem de Química. In: **X ENPEC**. Águas de Lindóia, 2015.

## RESUMO

Objetivamos com este artigo verificar a metavisualização na revisão de modelos explicativos acerca dos níveis representacionais da química a partir da temática "evaporação da água" com um grupo de estudantes surdos do 3º ano do ensino médio de uma escola bilíngue. A pesquisa foi realizada numa abordagem qualitativa utilizando-se de um estudo descritivo. Propomos uma atividade por meio do simulador PhET em três momentos: I) contextualização do tema; II) elaboração de um desenho (ME1); III) (re) elaboração de um desenho (ME2). Utilizamos para análise dos dados, categorias dos modelos explicativos (ME1 e ME2) e transcrição das falas (em Libras) dos estudantes. Verificamos que a estratégia metavisual possibilitou que os estudantes revisassem seus modelos explicativos com oportunidade de transitar do nível representacional macro para o submicro, evidenciando proximidade com modelos científicos sobre a evaporação da água.

Palavras chave: Metacognição; Ensino de Química; Educação dos Surdos.

## RESUMEN

Nuestro objetivo con este archivo es comprobar la metavisualización en la revisión de modelos explicativos sobre los niveles representacionales de la química a partir del tema "evaporación del agua" con un grupo de estudiantes sordos del 3er (tercer) año de secundaria de una escuela bilingüe. La investigación se realizó en un enfoque cualitativo utilizando un estudio descriptivo. Proponemos una actividad a través del simulador PhET en tres momentos: I) contextualización del tema; II) elaboración de un diseño (ME1); III) (re) elaboración de un dibujo (ME2). Lo utilizamos

para el análisis de datos, categorías de modelos explicativos (ME1 y ME2) y transcripción de las declaraciones de los estudiantes (en Libras). Se verificó que la estrategia metavisual permitió a los estudiantes revisar sus modelos explicativos con la oportunidad de pasar del nivel macro representacional al para el submicro, evidenciando la proximidad a modelos científicos sobre evaporación de agua.

Palabras clave: Metacognición; Enseñanza de la Química; Educación para Sordos.