

# VISCOSIDADE DOS LÍQUIDOS: O USO DE FERRAMENTAS CULTURAIS PARA A INCLUSÃO DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL NO ENSINO DE QUÍMICA<sup>1</sup>

*Liquid viscosity: the use of cultural tools for the inclusion of visually impaired students in chemistry teaching*

**Fernanda Araújo França** [fernandaaraujofranca@hotmail.com.br]

**Gustavo Nobre Vargas** [22gustavohaha@gmail.com]

**Anna Maria Canavarro Benite** [anna@ufg.br]

**Claudio Roberto Machado Benite** [claudiobenite@ufg.br]

*Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão – LPEQI, Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás.*

*Campus Samambaia – Instituto de Química, Goiânia – GO.*

*Recebido em: 12/05/2022*

*Aceito em: 26/11/2022*

## Resumo

Considerando a aprendizagem como um processo contínuo de interação social e (re)construção de significados, objetivamos discutir neste estudo como ferramentas culturais da Química, convencionais ou pensadas para a acessibilidade de alunos com deficiência visual (Tecnologia Assistiva – TA), podem contribuir para as mudanças qualitativas no desenvolvimento dos alunos em aulas experimentais possibilitando-os a (re)organização do funcionamento interpsicológico em intrapsicológico. Caracterizada como um ciclo-espiral de Pesquisa-ação, nossos resultados demonstram que a TA pensada como ferramenta cultural da Química pode contribuir com o desempenho desses alunos na realização de atividades que, até então, eram excludentes a esse grupo social, mas pertencentes à rotina de construção científica. Concluímos que alunos com deficiência visual podem aprender Química por meio de experimentos, desde que as aulas sejam planejadas considerando sua especificidade, reduzindo as barreiras com o uso de TA possibilitando a coleta de dados autônoma, contudo mediadas pelo professor.

**Palavras-chave:** Experimentação inclusiva; Tecnologia assistiva; Viscosímetro.

## Abstract

Considering learning as a continuous process of social interaction and (re)construction of meanings, we aim to discuss in this study how cultural tools of chemistry, conventional or designed for the accessibility of students with visual impairments (assistive technology - AT), can contribute to the qualitative changes in the development of students in experimental classes enabling them to (re)organize the interpsychological into intrapsychological functioning. Characterized as an action-research spiral cycle, our results demonstrate that AT thought as a cultural tool of Chemistry can contribute to the performance of these students in carrying out activities that, until then, were excluding this social group, but belonging to the routine. of scientific construction. We conclude that visually impaired students can learn chemistry through experiments, as long as classes are planned considering their specificity, reducing barriers with the use of AT, enabling autonomous data collection, however mediated by the teacher.

**Keywords:** Inclusive experimentation; Assistive technology; Viscometer.

---

<sup>1</sup> Este texto é uma versão revisitada e ampliada do resumo apresentado no XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), realizado em Natal - RN, em 2019.

## A Experimentação no Ensino de Química: breve estudo sobre a viscosidade dos líquidos

Muitos são os desafios para um ensino de ciências inclusivo, dentre eles a experimentação envolvendo alunos com deficiência visual, que é o lócus deste estudo. A experimentação é considerada por muitos (Benite et al., 2017; Benite et al., 2015; Hodson, 1988; Johnstone, 1993) como uma ferramenta essencial para a aprendizagem científica. Acreditamos que a experimentação no ensino de Química é uma forte aliada para o enriquecimento das discussões investigativas e ainda possibilita a apropriação conceitual, a compreensão de modelos (representações dessa Ciência) e o desenvolvimento de habilidades técnicas necessárias para atuar nas atividades práticas e em sociedade.

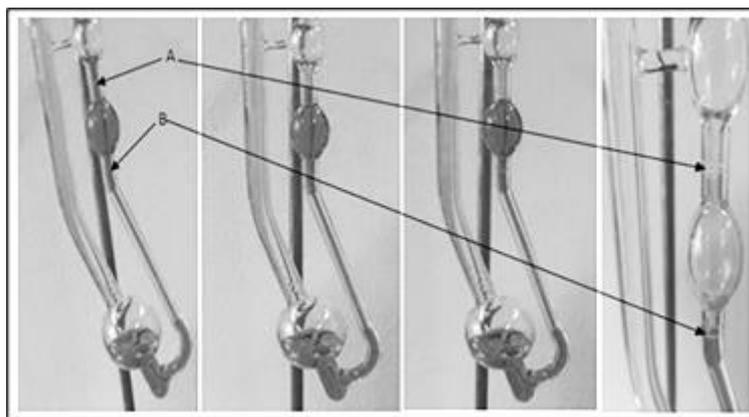
Sobre a apropriação conceitual, apoiamo-nos em Vygotsky (1987) para defender que a aprendizagem do conhecimento químico advém das interações interpessoais orientadas pela linguagem se constituindo em “um processo de desenvolvimento interno a partir de atividades externas” (Benite et al., 2017, p.245) numa relação mediada pelo professor com o uso de signos e instrumentos.

A Química possui linguagem específica (fórmulas, equações, símbolos, dentre outros) que pressupõe um sistema de signos usado como ferramenta mediadora para aumentar a possibilidade de abstração do sujeito. Ela também tem seus próprios instrumentos (equipamentos de bancada, vidrarias, modelos moleculares, entre outros), ferramentas culturais que auxiliam na interpretação dos fenômenos reproduzidos nos experimentos contribuindo para o aprendizado e o desenvolvimento de habilidades técnicas. Contudo, por explorarem a visão como principal meio de coleta de dados os experimentos acabam se tornando uma barreira para a participação e aprendizagem dos conteúdos por alunos com deficiência visual (DV).

Apoiados em Johnstone (1993), defendemos o ensino dos conteúdos químicos a partir da abordagem dos aspectos macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos. No estudo sobre a viscosidade, propriedade que permite um líquido de fluir, as medidas são realizadas pelo viscosímetro, aparelho que mede o tempo de escoamento de um líquido por um capilar ou orifício e que varia de acordo com a sua temperatura (Nogueira et al., 2011, p.1). Sendo assim, a nível macroscópico, o aumento da viscosidade provoca a diminuição da capacidade de um líquido de se movimentar. Já a nível submicroscópico essa propriedade se refere “a transferência de momento linear entre as partículas que compõem o fluido” (Vertchenko & Vertchenko, 2017, p.1) em que a fricção causada pelo atrito interno das camadas do fluido ocasiona velocidade diferente no seu movimento.

No viscosímetro de Ostwald (Figura 1), por exemplo, o aspecto simbólico pode ser representado pela medida do tempo gasto de fluidez do líquido influenciado pela gravidade “através de um tubo capilar de raio e comprimentos conhecidos escoando de um reservatório superior (ponto A) de volume definido para um segundo reservatório inferior (ponto B)” (Silva et al. 2017, p.xx).

O viscosímetro é um equipamento de bancada que necessita da visão para identificar o escoamento apresentado pelo líquido. Entretanto, essa atividade se torna excludente quando realizada por um DV.



**Figura 1:** Sequência de fotos do experimento de determinação de viscosidade.

Fonte: (Silva et al. 2017).

Refletindo acerca dessa situação, argumentamos sobre a necessidade do desenvolvimento de tecnologia assistiva (TA) como instrumento de mediação do professor como alternativa para a acessibilidade de DV nos experimentos sobre viscosidade.

Segundo o comitê de Ajudas Técnicas da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (SEDH/PR), a TA é:

uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (Brasil, 2007, p.3).

Dessa forma, acreditamos que a TA pode tornar esse tipo de atividade, até então excludente, em acessível aos DV promovendo novas maneiras de observar e interpretar os fenômenos contribuindo para o aprendizado e formação cidadã.

Diante do exposto, este estudo versa sobre a importância do uso da TA para a realização de experimento sobre viscosidade dos líquidos visando a inclusão de DV na atividade proposta. Considerando a aprendizagem como um processo contínuo de interação social e (re)construção de significados, objetivamos discutir como ferramentas culturais da Química, convencionais ou pensadas para a acessibilidade de DV (tecnologia assistiva), podem contribuir para a mudanças qualitativas no desenvolvimento dos alunos em aulas experimentais possibilitando-os a (re)organização do funcionamento interpsicológico em intrapsicológico.

### **Caminho Metodológico**

O estudo aqui apresentado foi desenvolvido em aulas de apoio de Química no contexto do atendimento educacional especializado para alunos com deficiência visual em um Centro de Apoio de referência do Estado. Nossa pesquisa se configura como uma atividade colaborativa contando com a participação de professores formadores (PF), professores em formação continuada (PFC), professores em formação inicial (PFI) e professores da uma Instituição de Apoio (PA) a alunos (A) com deficiência visual, matriculados no ensino regular público.

A parceria entre o Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão - LPEQI (representação da Universidade) e a Instituição de Apoio (representação da Escola) ocorre desde 2009 por meio de aulas semanais de Química oferecidas por PFC e PFI que também são sujeitos da realidade em estudo, (re)construindo suas práticas para o atendimento à realidade desse grupo social e com foco na elaboração de pressupostos à formação de professores para a inclusão escolar.

Diante da referida trajetória de parceria, a presente investigação se enquadra nos moldes da pesquisa-ação (Kemmis & Wilkinson, 2002), pois nasce de uma necessidade da prática docente em Química: ensinar conceitos para DV por meio de experimentos considerando sua especificidade para participação independente na atividade.

Sendo assim, um dos objetivos de PFC e PFI é ensinar Química por meio de aulas experimentais acessíveis, ou seja, discutir conceitos a partir da realização de experimentos com alunos com deficiência visual buscando romper as barreiras causadas por suas limitações com o uso de materiais inclusivos e recursos de acessibilidade produzidos no Núcleo de Tecnologia Assistiva do LPEQI, visando o aprimoramento do processo de ensino e a aprendizagem na vida desses sujeitos.

Os trabalhos realizados nessa parceria se caracterizam em ciclos-espírais de quatro etapas: 1) planejamento coletivo das aulas considerando as especificidades dos alunos para a conversão de experimentos convencionais em acessíveis, incluindo o design, criação e transformação dos materiais e equipamentos convencionais em tecnologia assistiva; 2) ação e observação (aulas gravadas em áudio e vídeo para posterior transcrição): as aulas são ministradas por PFC e PFI e transcritas em turnos de falas para a reflexão teórica da ação; 3) reflexão sobre a ação (análise teórica conjunta das transcrições das aulas): a análise de dados é realizada nos moldes da Análise do Conteúdo de Bardin (2010) na qual definimos o recorte das falas em extratos levando em consideração os objetivos da investigação; 4) revisão do planejamento: nesta etapa é possível verificar novas demandas metodológicas ou de materiais de tecnologias assistivas para a melhora do processo de aprendizagem a cada ciclo, de forma que as necessidades dos alunos sejam melhor atendidas.

No LPEQI desenvolvemos os equipamentos e materiais necessários a partir das demandas identificadas durante as aulas de Química, estudamos coletivamente as teorias que norteiam a prática docente do grupo e analisamos as transcrições das aulas à luz do referencial teórico escolhido. Desta investigação participaram: um professor formador, uma professora em formação continuada, dois professores em formação inicial, oito alunos com diferentes graus de deficiência visual, ambos acompanhados por uma professora de apoio da instituição formada em Ciências.

### **O Papel do Modelo Molecular como TA em Experimento Investigativo sobre a Viscosidade dos Líquidos**

Visando uma proposta de realização e interpretação da atividade pelos alunos, mediadas pelo professor, pautamo-nos em Rosito (2003) para dizer que os experimentos realizados nas aulas de apoio são planejados:

levando-se em consideração o conhecimento prévio dos alunos. Nessa concepção, os experimentos são desenvolvidos na forma de problemas ou testagem de hipóteses, [...] envolvendo o cotidiano dos alunos. Adotar uma postura construtivista significa aceitar que nenhum conhecimento é assimilado do nada, mas deve ser construído ou reconstruído pela estrutura de conceitos já existentes. Deste modo, a discussão e o diálogo assumem um papel importante e as atividades experimentais combinam, intensamente, ação e reflexão (p.201).

No início das aulas buscamos os saberes prévios dos alunos por admitirmos “que em situações da vida cotidiana as pessoas utilizam conhecimentos cotidianos, mas não tem consciência de seus conceitos” (Costa-Beber & Maldaner, 2011, p.02). Diante disso, PFI2 inicia a discussão buscando identificar algumas concepções prévias dos alunos sobre viscosidade (Extrato 1), exemplificando com aplicação industrial e cotidiana, com o intuito de discutir acerca da velocidade de escoamento dos líquidos.

### Extrato 1

PFI2: *A viscosidade é uma propriedade física dos materiais. Inclusive a viscosidade na indústria de alimentos é muito utilizada no controle de qualidade. Outro exemplo: se for fazer um creme, emulsão ou um gel na indústria de cosméticos, a viscosidade é muito importante e eles verificam no laboratório se está dentro dos parâmetros exigidos, tudo certinho. Então, a viscosidade é uma propriedade que mede o que? A resistência do líquido ao escoamento, por exemplo, vocês têm um copo de água e vira esse copo de água ele vai esvaziar rápido ou devagar?*

A1/A5: *Rápido.*

PFI2: *E se for um copo de mel?*

A1/A5: *Devagar.*

PFI2: *Ou de cola?*

A5: *Também.*

PFI2: *Mais devagar do que a água, né? Então, isso que é a viscosidade essa resistência que o líquido tem de escoar.*

Concordamos com Bizzo (2002) que o conhecimento cotidiano “tem forte apego ao concreto e ao real. Isto implica significados menos arbitrários e mais auto-evidentes à luz de determinada cultura e convenções sociais” (p.25). Pautamo-nos em Vygotsky (1984) para argumentar que o extrato 1 caracteriza o primeiro nível de desenvolvimento dos alunos quanto a velocidade de escoamento dos líquidos sugeridos por PFI2, ou seja, nível de desenvolvimento real humano que compreende aquilo que conseguimos resolver sozinhos construído até determinado momento da vida.

Acreditamos que envolver os conhecimentos cotidianos no ensino de Química é admitir as experiências de vida dos alunos ao mesmo tempo em que o aprendizado se incorpora a novas vivências, por meio da relação sujeito-objeto. Nessa perspectiva, A1 e A5 se manifestaram a respeito da velocidade de escoamento dos líquidos apresentados por PFI2 (PFI2: [...] vocês têm um copo de água e vira esse copo de água ele vai esvaziar rápido ou devagar?; A1/A5: Rápido.; PFI2: E se for um copo de mel?; A1/A5: Devagar.; PFI2: Ou de cola?; A5: Também.).

Quando A1 e A5 respondem que a água escoar rápida, mas o mel e a cola lentamente estão trazendo elementos do cotidiano (não necessariamente visuais) já percebidos por eles em momentos anteriores para exemplificar aspectos macroscópicos do comportamento dos líquidos e, a partir daí, oferecerem condições para que PFI2 os orientasse à compreensão da ideia de viscosidade (PFI2: [...] essa resistência que o líquido tem de escoar.), isso porque admitimos que essas vivências sejam suficientes para iniciar a investigação do experimento sobre viscosidade, mas diminutas para sua significação.

Dando sequência à aula, PFI1 e PFI2 apresentaram o experimento e exemplificaram as estruturas dos reagentes usados com modelos moleculares alternativos (Extrato 2), construídos com palitos e bolas de isopor, para que os alunos pudessem compreender por meio do tato suas representações, aspecto simbólico do conhecimento químico.

### Extrato 2

PFI2: *Então, o experimento de hoje tem como objetivo verificar a velocidade de escoamento dos líquidos. Os três líquidos são: a água; a glicerina, muito utilizada em cosméticos; e o óleo de cozinha, o principal componente é o ácido linoleico. A gente vai passar os modelos moleculares para vocês sentirem.*

PFI1: *Esse aqui é o ácido linoleico, tá?*

PFI2: *Esse é o modelo da molécula da água. A gente fez todos com bolinhas de isopor e palitos.*

PFI1: *Vocês sabem o que significa cada bolinha?*

A3: *O átomo?*

A9: *Molécula?*

PFI1: *É a representação do átomo, isso mesmo! O conjunto, tudo isso que você tá tocando é a representação de uma molécula.*

A9: *Ah, tá!*

PFI2: *Esse modelo que vocês estão pegando, esse maior, qual é?*

A5: *É o da glicerina?*

PFI2: *É o da glicerina! Essas três bolinhas que estão com a textura diferente do isopor, quase nas extremidades, as de tamanho intermediário, estão representando os átomos de oxigênio. Sentiram?*

A5: *As pequenas?*

PFI2: *Não, as oito pequenas nas extremidades representam os átomos de Hidrogênio.*

A3: *Ah, essas aqui!*

PFI2: *Isso! O modelo da glicerina tem três bolinhas centrais representando os átomos de carbono, bolinhas grandes com textura de isopor; três representando os átomos de oxigênio e as bolinhas pequeninas, menores são os átomos de hidrogênio.*

A3: *As grandes são carbonos?*

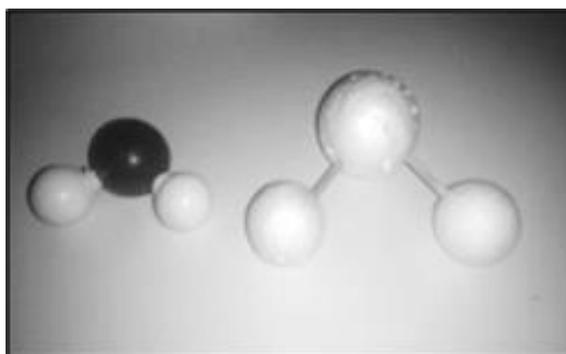
PFI2: *Isso, carbonos.*

Segundo Lima e Lima-Neto (1999), a abordagem do conteúdo de estruturas moleculares dada frequentemente pelos professores por meio de fórmulas estruturais e moleculares desenhadas com giz em imagem 2D no quadro de sala de aula pode fazer com que o aluno entenda a Química como uma:

Ciência abstrata, pois muitas vezes este não consegue conceber estas ideias no espaço tridimensional, dificultando consideravelmente o aprendizado, além de transmitir o conceito errôneo de que o estudo da Química é meramente decorativo. Assim, cabe aos profissionais do ensino de Química buscar alternativas didáticas que promovam a melhoria do aprendizado, mostrando aos alunos que a Química é uma Ciência cujos conceitos e leis são consequência direta do comportamento da natureza (Lima & Lima-Neto, 1999, p.903).

Para isso, os autores indicam em sua obra o uso do modelo molecular que “é simples e de grande valia para este propósito, pois apoia a ‘visualização’ das ligações químicas existentes entre os núcleos atômicos que compõem uma molécula, como também possibilita desenvolver no aluno a percepção do arranjo espacial destas” (Lima & Lima-Neto, 1999, p.903).

Aproveitando a indicação dos autores, PFI1 e PFI2 usaram modelos moleculares (Figura 2) referentes aos reagentes do experimento para discutirem, de maneira comparativa, as viscosidades dos líquidos (PFI2: Então, o experimento de hoje tem como objetivo verificar a velocidade de escoamento dos líquidos. Os três líquidos são: a água; a glicerina, muito utilizada em cosméticos; e o óleo de cozinha, o principal componente que a gente vai estudar nele é o ácido linoleico. A gente vai passar os modelos para vocês sentirem). Mas será que o modelo molecular, ferramenta cultural convencional da Química, pode assumir o papel de TA para DV?



**Figura 2:** Modelo molecular convencional (esquerda) e alternativo (direita), ambos representando a molécula da água ( $H_2O$ ).

Fonte: LPEQI.

Segundo Vygotsky (1984), o desenvolvimento humano compreende a inter-relação instrução-desenvolvimento que eleva do nível de desenvolvimento real do indivíduo para o nível de desenvolvimento potencial caracterizado por atividades que este só consegue realizar com a orientação adequada de alguém mais experiente. Essa distância entre os dois níveis é chamada por Vygotsky de ‘Zona de desenvolvimento Proximal’ que são “aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão, presentemente, em estado embrionário” (Vygotsky, 1984, p. 97).

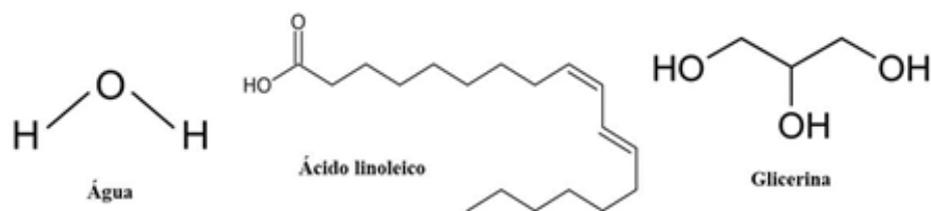
Neste estudo, PFI1 e PFI2 mediarão a atividade usando o modelo molecular alternativo feito com bolinhas de isopor de variados tamanhos para representar os átomos de carbono, oxigênio e hidrogênio e palitos de dente para representar as ligações químicas (das moléculas de água, ácido linoleico e glicerina) com o intuito dos alunos relacionarem as características reais das substâncias a suas estruturas moleculares, aspectos simbólicos do conhecimento previsto no experimento que contribui para o entendimento da velocidade de escoamento dos líquidos, visando o amadurecimento no processo de operação das informações do campo intersíquico para o intrapsíquico acerca da viscosidade dos líquidos.

Nesse sentido, nos fundamentamos em Vygotsky (1997) para defender que alunos com ou sem deficiência podem se desenvolver da mesma maneira em aulas experimentais, isso porque as barreiras causadas pela deficiência podem se tornar elemento motivador à busca de alternativas para participações mais efetivas, desde que mediadas pelo professor considerando a especificidade e auxiliado por instrumentos adequados a esse fim, pois:

a linguagem e os instrumentos de trabalho, moldam a ação humana de maneira essencial. E devido ao fato de que essas ferramentas são fornecidas por um cenário sociocultural particular, a ação humana é inerentemente ‘situada’ em um contexto cultural, histórico e institucional (Pereira & Ostermann, 2012, p.26).

Mesmo com as polêmicas existentes acerca de materiais e equipamentos convencionais serem classificados também como TA (Galvão-Filho, 2013), por se tratar de uma aula de Química para DV propomos o manuseio do modelo molecular não com o intuito de “apoio à visualização” dos dados empíricos fornecidos por ele, como dito por Lima e Lima-Neto (1999), mas como um recurso didático específico da Química que pôde assumir, também, o papel de TA (Bersch, 2013) possibilitando a ampliação das habilidades funcionais desses alunos por meio de outro sentido: a percepção háptica das entidades que compuseram as representações (figura 3), como tamanhos das moléculas, disposição dos átomos, tipos de ligação e geometrias (PFI2: Esse é o modelo da molécula da água. A gente fez todos com bolinhas de isopor e palitos.; PFI1: Vocês sabem o que significa cada bolinha?; A3: O átomo?; A9: Molécula?; PFI1: É a representação do átomo, isso mesmo!; PFI2: Isso! O modelo da glicerina tem três bolinhas centrais representando os átomos de carbono, bolinhas grandes com textura de isopor; três representando os átomos de oxigênio e as

bolinhas pequeninhas, menores são os átomos de hidrogênio.; A3: As grandes são carbonos?; PFI2: Isso, carbonos.).



**Figura 3:** Estruturas moleculares dos compostos usados no experimento.  
Fonte: LPEQI.

Com base nos resultados apresentados defendemos o uso do modelo molecular como uma ferramenta didática essencial para a compreensão do comportamento espacial dessas estruturas e para DV o tato será o canal sensível adequado para a coleta de dados, visto que grande parte das informações promovidas pelo modelo e demais materiais usados no experimento, bem como suas localizações, podem ser adquiridas por meio desse sentido (PFI1: ...O conjunto, tudo isso que você tá tocando é a representação de uma molécula.; A9: Ah tá!), pois “a sensibilidade tátil resulta geralmente da estimulação dos receptores para o tato na pele ou nos tecidos imediatamente abaixo da pele” (Hall, 2011, p.603).

### O Uso da ‘Rampa De Viscosidade’ para o estudo qualitativo da Viscosidade dos Líquidos

Sobre o experimento proposto, baseamo-nos em Hodson (1988) para dizer que esse corrobora pedagogicamente para o ensino de conceitos. Para isso, defendemos como essencial no ensino de Química a realização de experimentos que permitam o aluno “analisar dados, argumentar, refletir e tirar conclusões, a fim de que se desenvolvam competências e habilidades que promovam a interpretação crítica de problemas reais, objetivos esses que podem ser alcançados mediante a experimentação e o trabalho em grupo” (Vaz et al., 2012, p.155-156).

Pelo fato da Química ser uma Ciência teórica e prática, tal pressuposto fundamenta ainda mais nossa opção de realização e discussão de conteúdos do experimento, devido ao caráter excludente dessa atividade que explora comumente a visão como canal de coleta de dados nas etapas de observação e interpretação do fenômeno.

Após tatearem e identificarem cada modelo de molécula foi discutido os critérios que permitiam ou dificultavam o escoamento de um líquido sobre uma superfície. Os alunos, então, construíram uma hipótese quanto à ordem de escoamento, segundo o tamanho de cada molécula, julgando ser apenas a massa molecular responsável por aumentar ou diminuir o tempo de escoamento, como apresentado no extrato 03.

#### Extrato 3

PFI2: *Vocês lembram qual a composição da molécula de água?*

A5: *Um oxigênio e dois hidrogênios.*

PFC: *Quantos carbonos têm aí na molécula do ácido linoleico?*

A9: *Dezoito.*

PFC: *Isso, além dos oxigênios e hidrogênios. E quantos carbonos na glicerina?*

A9: *Três.*

PFC: *E, também, oxigênios e hidrogênios.*

PFI2: *Avaliando essas estruturas, eu queria que vocês colocassem na ordem decrescente de velocidade de escoamento!*

A3: *Primeiro a água.*

A5: *Primeiro a água, segundo a glicerina e o óleo em terceiro.*

PFI2: *Vamos verificar na prática?*

PFI2: *Qual o critério que vocês estão utilizando para a classificação?*

A1: *O tamanho da molécula: quanto maior a molécula mais lenta ela se move.*

PFI2: *Então, vocês vão usar a rampa de viscosidade e a micropipeta.*

PFI2: *A9 vou colocar aqui na sua frente, pode sentir. Vou colocar na sequência da esquerda para a direita, a água, a glicerina e o óleo.*

A9: *Isso aqui é o quê?*

PFI1/ PFI2: *Uma micropipeta.*

PFI2: *Você aperta aqui na ponta e coloca no líquido que ela puxa um pouco.*

PFC: *Funciona igual a um conta-gotas, coloca no líquido, aperta e ela suga o líquido para dentro.*

PFI2: *Você pode colocar na sequência aqui, tem três lugares.*

PFI1: *Isso. E aí depois vocês vão ver qual chega primeiro.*

A1: *Posso virar?*

PFC: *Pode virar. A3, você já fez?*

A3: *Já.*

PFI2: *O que aconteceu? Qual foi o primeiro líquido a chegar ao fim da rampa?*

Todos: *A água.*

PFI2: *E o segundo?*

Todos: *O óleo.*

PFI2: *E o terceiro?*

Todos: *A glicerina.*

Como dito anteriormente, nas aulas de apoio sempre utilizamos modelos simbólicos ou materiais táteis para viabilizar o entendimento espacial das representações químicas (PFI2: Vocês lembram qual a composição da água?; A5: Um oxigênio e dois hidrogênios.; PFC: Quantos carbonos têm aí na molécula do ácido linoleico?; A9: Dezoito.; PFC: Isso, além dos oxigênios e hidrogênios. E Quantos carbonos na glicerina?; A9: Três.; PFC: E, também, oxigênios e hidrogênios.), isso porque defendemos a necessidade de articulação entre os:

fundamentos epistemológicos da Química, como a especificidade da representação estrutural, com a organização das atividades de ensino na direção de superar visões equivocadas pela memorização ou pelo experimento ingênuo. Para tanto é necessário focar a atenção na estruturação de atividades pelas quais as formações discursivas abriguem elementos representacionais das realidades macroscópicas e submicroscópicas, de modo que os estudantes dominem estes elementos para elaborar significados na fronteira destas realidades (Giordan, 2008, p.118).

Assim, transformar experimentos convencionais em acessíveis pode proporcionar a este público participações mais efetivas e autônomas em etapas que até então eram excluídos, o que nos leva a necessidade do desenvolvimento de TA para esse tipo de atividade.

Partindo deste pressuposto, o Núcleo de Tecnologia Assistiva do nosso Laboratório de Pesquisa é composto por uma equipe multidisciplinar (alunos dos cursos de Química, Física, Mecatrônica, Sistemas de Informação, entre outros) e se fundamenta nos avanços da tecnologia 3D e na popularização dos microcontroladores para o design e criação de protótipos de baixo custo com o uso de materiais alternativos, placas de circuito impresso e linguagem de programação para viabilizar a comunicação autônoma entre os alunos e as variáveis dos experimentos. Isso porque entendemos que para atuar com o design e criação de TA é preciso relacionar conhecimentos e recursos materiais que possam contribuir para solucionar questões funcionais das pessoas com deficiência, pois o ensino com o auxílio da TA tem como objetivo ampliar a participação dos alunos no processo de aprendizagem (Benite et al., 2017; Bersch, 2013; Galvão-Filho, 2013).

Como visto na introdução, o aspecto macroscópico se refere aos dados coletados por meio da observação do fenômeno natural ou reproduzido no experimento. Para tanto, a aula foi planejada para discutir viscosidade dos líquidos a partir de uma abordagem qualitativa do fenômeno reproduzido em uma rampa de viscosidade (figura 4) construída pelo Núcleo com o auxílio de tecnologia 3D de impressão (Benite et al., 2017; Benite et al., 2015).



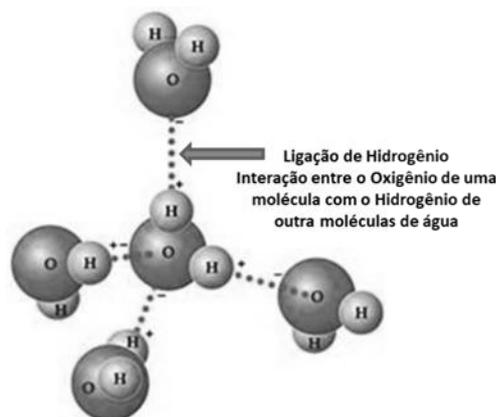
**Figura 4:** Rampa para estudos sobre a viscosidade dos líquidos.  
Fonte: LPEQI.

O equipamento possui dimensões de 19,4 cm x 12,6 cm x 18,3 cm com inclinação de 45° contendo na parte superior três recipientes onde são colocados os líquidos. O experimento consiste na comparação da viscosidade de três líquidos: água ( $H_2O$ ), Glicerina ( $C_3H_8O_3$ ) e óleo de cozinha, representado quimicamente pelo ácido linoleico ( $C_{18}H_{32}O_2$ ). Orientados por PFC e PFI, os alunos medem os volumes dos respectivos líquidos com micropipetas de volume definido e os transfere para os reservatórios da rampa.

Em seguida, os reservatórios são girados com uma das mãos e três dedos da outra mão são colocados no fim das canaletas por onde os líquidos escorrem permitindo a observação e identificação da ordem de suas chegadas por meio do tato, isso porque é pelo tato com as mãos que as pessoas com deficiência visual possuem maior precisão dos objetos percebendo, também, suas formas, tamanhos, texturas e pesos (Nishida, 2012).

Com intuito de discutir os aspectos submicroscópicos dos dados macroscópicos observado no experimento, isto é, ampliar a compreensão sobre as entidades que compõem os materiais e substâncias (moléculas, átomos e íons) e suas relações (Johnstone, 1993), PFI2 propôs a ordenação do tempo de escoamento dos líquidos, inicialmente a partir das estruturas moleculares dos compostos, para aprofundar a discussão de suas viscosidades (PFI2: Avaliando essas estruturas, eu queria que vocês colocassem na ordem decrescente de velocidade de escoamento!; A3: Primeiro a água.; A5: Primeiro a água, segundo a glicerina e óleo em terceiro.; PFI2: Vamos verificar na prática?).

Qualitativamente podemos comparar a viscosidade dos líquidos relacionando as interações intermoleculares (entre as moléculas) presentes nos fluidos que, segundo Curi (2006), “são as forças de atração, de natureza eletrostática, que mantêm as moléculas unidas nos estados sólido e líquido” (p.19). Considerando as moléculas neutras podemos classificar as interações intermoleculares em ordem crescentes de força de atração: dispersão de London, interações dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio (Figura 5).



**Figura 5.** Exemplo de ligação de hidrogênio entre duas moléculas de água.

Fonte: Adaptado de: <<https://www.infoescola.com/quimica/ligacao-de-hidrogenio/>>

Partindo deste pressuposto, nos experimentos sobre viscosidade “líquidos compostos de moléculas que não formam ligações de hidrogênio são geralmente menos viscosos que aqueles que podem formar ligações de hidrogênio” (Atkins & Jones, 2006, p.307). Ou seja, líquidos que possuem como interações intermoleculares as ligações de hidrogênio costumam ser mais viscosos que os líquidos que possuem dispersões de London. Contudo, ressaltamos também que entre líquidos que possuem o mesmo tipo de interação o tamanho da cadeia com suas ramificações pode tornar o líquido mais viscoso, como é o caso das gorduras e hidrocarbonetos oleosos.

No experimento realizado pelos alunos todas as substâncias possuíam hidroxilas (OH<sup>-</sup>) responsáveis pelas interações via ligações de hidrogênio (Figura 3). Contudo, a diferença entre os tempos de escoamentos se deu, também, pelos tamanhos de suas estruturas moleculares ou cadeias carbônicas.

A água, apesar da alta força de interação intermolecular, possui uma estrutura pequena promovendo maior fluidez que o ácido linoleico que é grande e possui apenas uma hidroxila numa cadeia de dezoito carbonos, como confirmado pelos alunos no experimento (PFI2: Qual foi o primeiro líquido a chegar ao fim da rampa? Todos: A água.; PFI2: E o segundo?; Todos: O óleo.). No caso da glicerina, além de possuir três hidroxilas sua estrutura molecular é maior que a da água dificultando o seu deslocamento sendo classificada pelos alunos, por meio do tato, como líquido mais viscoso, com base nos dados empíricos obtidos na rampa (PFI2: E o terceiro?; Todos: A glicerina.).

Todavia, a hipótese dos alunos (A5: Primeiro a água, segundo a glicerina e o óleo em terceiro.) apresentou a glicerina com viscosidade menor que a do óleo, ou seja, um equívoco que caracterizou a necessidade de discussão acerca da interferência causada pelas forças intermoleculares no atrito interno dos líquidos durante o fluxo (Silva et al. 2017), como apresentado no extrato 4.

#### Extrato 4

PFI2: *Por que vocês acham que na prática o óleo ficou em segundo e a glicerina depois?*

A5: *Porque a glicerina é mais viscosa que o óleo.*

PFI2: *Isso! É mais viscosa, mas por quê? O que a gente viu nas estruturas?*

PFC: *Então, essas moléculas têm algo em comum? (Os alunos, novamente, tocam os modelos moleculares).*

A9: *A Hidroxila.*

A5: *Embora a molécula do ácido linoleico seja maior, ela tem menos hidroxila!?*

PFI2: *Lembra o que eu já havia falado sobre as ligações de hidrogênio? Como a glicerina tem três hidroxilas, ela tem a possibilidade de três ligações de hidrogênio com outras moléculas de glicerina. E a ligação de hidrogênio é uma interação forte ou fraca?*

A1: *Forte.*

A7: *Então, apesar da molécula do ácido linoleico ser maior, a glicerina tem mais interações fortes entre suas moléculas!*

A1: *Ah, Sim! Aí não necessariamente a molécula menor vai escoar primeiro!*

A Química é um constructo simbólico, socialmente negociável e baseado em dados empíricos. Defendemos que ensinar Química por meio de experimento investigativo não deve ser diferente, pois as hipóteses criadas e os pensamentos divergentes dos alunos devem ser sempre questionados conferindo validade às suas construções que conduzirão à significação dos conhecimentos necessários à aprendizagem.

Relacionando os dados empíricos do experimento com as informações obtidas novamente nos modelos moleculares, PFI2 e PFC levaram os alunos a refletirem a hipótese levantada (PFI2: Porque vocês acham que na prática o óleo ficou em segundo e a glicerina depois?; A5: Porque a glicerina é mais viscosa que o óleo.; PFI2: Isso! É mais viscosa, mas por quê? O que a gente viu nas estruturas?; PFC: Então, essas moléculas têm algo em comum?; A9: A Hidroxila.) fazendo com que A5 concluísse que o critério utilizado inicialmente para a classificação da fluidez dos líquidos era insuficiente (A5: Embora a molécula do ácido linoleico seja maior, ela tem menos hidroxila!?).

Pautados na ação mediada de Wertsch (1991), essa reflexão promovida por PFI2 e PFC foi uma forma de intervenção com o propósito de aproximação sociocultural em prol de um interesse particular: a aprendizagem do conhecimento químico e sua relação com o cotidiano. Partindo desse pressuposto, PFI2 direciona as discussões levando A1 e A7 a concluir que as interações intermoleculares também são critério para a caracterização da viscosidade (PFI2: Lembra o que eu já havia falado sobre as ligações de hidrogênio? Como a glicerina tem três hidroxilas, ela tem a possibilidade de três ligações de hidrogênio com outras moléculas de glicerina. E a ligação de hidrogênio é uma interação forte ou fraca?; A1: Forte.). Ou seja, nem sempre a substância constituída por molécula menor escoará primeiro devido às interações intermoleculares existentes (A7: Então, apesar da molécula do ácido linoleico ser maior, a glicerina tem mais interações fortes entre suas moléculas!; A1: Ah, Sim! Aí não necessariamente a molécula menor vai escoar primeiro!).

Nesse sentido, a compreensão do conteúdo previsto no experimento ocorreu no engajamento dos DV na atividade proposta por meio do processo dialógico mediado pelos professores em formação que tinham como objetivo a introdução/inclusão desses alunos na cultura experimental e “à medida que isso acontece, eles ‘apropriam-se’ das ferramentas culturais por meio de seu envolvimento nas atividades dessa cultura” (Driver et al., 1999, p.34).

Todavia, nossos resultados demonstram que os artefatos culturais, sejam eles convencionais ou adaptados para a acessibilidade, só se tornam essenciais na modelação da ação quando envolvidos pelo processo de mediação, impactando os alunos com ou sem deficiência durante o uso, promovendo alteração na estrutura das funções mentais. Dessa forma, a partir da apropriação cultural as funções psicológicas elementares passam a funções psicológicas superiores responsáveis pelo controle da ação consciente e intencional.

### **Apontamentos à Docência em Química envolvendo Alunos com Deficiência Visual**

Se para Vygotsky (1987) o processo de apropriação por meio de experiências comuns da cultura própria é relevante para o desenvolvimento do indivíduo, torna-se necessário que o professor de Química traga para a sala de aula questões do cotidiano (como o escoamento de líquidos), para que sirvam como estímulos ao envolvimento dos alunos, tanto na elaboração de

hipóteses quanto na busca de respostas a partir de conhecimentos espontâneos, dando sentido aos conhecimentos escolares.

Sobre o uso do modelo molecular no experimento, nossos resultados demonstram que apesar de se tratar de uma ferramenta cultural específica da Química, esse assumiu o papel de TA auxiliando no processo de aprendizagem dos alunos, da mesma forma que “uma bengala, utilizada por nossos avós para proporcionar conforto e segurança no momento de caminhar, bem como um aparelho de amplificação utilizado por uma pessoa com surdez moderada ou mesmo veículo adaptado para uma pessoa com deficiência” (Manzini, 2005, p.82).

Sobre a rampa de viscosidade enquanto TA no experimento, ressaltamos nesta investigação que essa foi pensada como ferramenta cultural específica da Química contribuindo com a inclusão e o desempenho dos DV na realização da atividade que, até então, era excludente a esse grupo social, mas pertencente à rotina de construção dessa Ciência.

Diante do exposto, defendemos que o uso de materiais que assumam o papel de TA no experimento vai “além de simplesmente auxiliar o aluno a fazer tarefas pretendidas. Nela, encontramos meios de o aluno ser e atuar de forma construtiva no seu processo de desenvolvimento” (p.92), mediado pelo professor, que neste caso possibilitou a comparação de tamanhos, composições e arranjos moleculares das substâncias usadas, aspectos simbólicos do conhecimento químico, bem como promovendo a elaboração de hipótese sobre a ordem de fluidez dos líquidos que pôde ser discutida com viés investigativo para a aprendizagem dos conteúdos previstos (Bersch, 2006).

Nossos resultados revelam que aulas experimentais com o uso de TA podem estimular o desenvolvimento da autonomia desses alunos em discussões e participações nas atividades, intervindo de maneira eficiente na condição de deficiência-incapacidade-desvantagem (Araújo, 2018), promovendo o desenvolvimento de novas habilidades.

Corroborando com Carvalho (2013), nossos resultados demonstram a importância do papel do professor como mediador no processo investigativo durante o experimento que por meio de questionamentos orientou os alunos à aprendizagem (individual e social) de novos conhecimentos e habilidades inerentes a experimentação no ensino de Química, porém planejada de maneira acessível procurando responder aos problemas previstos pela atividade em relação ao público envolvido.

### **Considerações Finais**

Nesta investigação demonstramos que alunos com deficiência visual também podem aprender Química por meio de experimentos, desde que sejam possibilitados de participarem das atividades manuseando recursos materiais e equipamentos que permitam o acesso aos dados dos fenômenos reproduzidos de forma autônoma: a Tecnologia Assistiva.

Para isso, sugerimos que os planejamentos das aulas devem ser pautados em questões do cotidiano, pois normalmente é por meio desses conhecimentos que os alunos buscam compreender os conteúdos ensinados pelo professor.

A partir daí, defendemos a importância do papel do professor como mediador das interações sociais que caracterizam o processo de investigação do experimento, orientando a interpretação do fenômeno reproduzido pelos alunos, promovendo o rompimento das barreiras causadas pela deficiência, possibilitando-os participações mais autônomas em ambientes culturais repletos de conhecimentos.

## Referências Bibliográficas

- Araújo, L. (2018). Tecnologia e reabilitação: planejamento e criação de cadeira para posicionamento de pacientes com alteração na coluna vertebral na fisioterapia aquática. In F.O. Medola & L.C. Paschoarelli (Org.) *Tecnologia Assistiva: Desenvolvimento e Aplicações – I*. 1 ed. Bauru: Canal 6 Editora, pp.35-40.
- Atkins P. & Jones, L. (2006). *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman.
- Bardin, L. (2010). *Análise do conteúdo*. 4ª ed. Lisboa: Edições70.
- Benite, C.R.M.; Benite, A.M.C.; Bonomo, F.A.F.; Vargas, G.N.; Araújo, R.J.S. & Alves, D.R. (2017). Observação inclusiva: o uso da tecnologia assistiva na experimentação no Ensino de Química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(2), 94-103.
- Benite, A.M.C.; Benite, C.R.M. & Vilela-Ribeiro, E.B. (2015). Educação Inclusiva, ensino de Ciências e linguagem científica: possíveis relações. *Revista Educação Especial*, 28(51), 83-91.
- Bersch, R. (2013). *Introdução a Tecnologia Assistiva*. Acesso 18 de ago., 2019, [http://www.assistiva.com.br/Introducao\\_Tecnologia\\_Assistiva.pdf](http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf)
- Bersch, R. (2006). *Tecnologia assistiva e educação inclusiva*. Ensaio Pedagógico, Brasília: SEESP/MEC, 89-94.
- Bizzo, N. (2002). *Ciências: fácil ou difícil?* São Paulo: Ática.
- Brasil (2007). Presidência da República. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. Ata da VII Reunião do Comitê de Ajudas Técnicas – CAT CORDE/SEDH/PR. Brasília.
- Carvalho, A.M.P. (Org.) (2013). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cergage Learning.
- Costa-Beber, L.B. & Maldaner, O.A. (2011). *Cotidiano e Contextualização na Educação Química: discursos diferentes, significados próximos*. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. São Paulo, de 05 a 09 de dezembro de 2011.
- Curi, D. (2006). Polímeros e interações intermoleculares. *Química Nova na Escola*, 23, 19-22.
- Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E.F. & Scott, P. (1999). Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, 9, 31-40.
- Galvão Filho, T.A. (2013). A construção do conceito de Tecnologia Assistiva: alguns novos interrogantes e desafios. *Revista da FAGED - Entreideias: Educação, Cultura e Sociedade*, Salvador: Faculdade de Educação da Universidade Federal da Bahia – FAGED/UFBA, 2(1), 25-42.
- Giordan, M. (2008). *Computadores e linguagens nas aulas de Ciências*. Ijuí: Unijuí.
- Hall, J.E. (2011). *Tratado de fisiologia médica*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Hodson, D. (1988). *Experiments in science teaching*. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2).
- Johnstone, A.H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9).

- Kemmis, S. & Wilkinson, M. (2002). Pesquisa-ação participativa e o estudo da prática. In J.E. Diniz-Pereira & K.M. Zeichner, *A pesquisa na formação e no trabalho docente*. Belo Horizonte, MG: Autêntica.
- Lima, M.B. & Lima-Neto, P. (1999). Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de Química. *Química Nova*, 22(6), 903-906.
- Manzini, E.J. (2005). *Tecnologia assistiva para educação: recursos pedagógicos adaptados*. In: Ensaio pedagógico: construindo escolas inclusivas. Brasília: SEESP/MEC, 82-86.
- Nishida, S.M. (2012). *Apostila do Curso de Fisiologia*. Dep. de Fisiologia: Botucatu, Unesp.
- Nogueira, S.R.A.; Cruz, R.C.; Amaral, F.S. & Maestre, M. (2011). *Experimentos sobre viscosidade para o curso de farmácia*. 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química – SBQ.
- Pereira, A.P. & Ostermann, F. (2012). A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em Ciências. *Ciência & Educação*, 18(1), 23-39.
- Silva, J.P.; Alvino, A.C.B.; Santos, M.A.; Santos, V.L. & Benite, A.M.C. (2017). Tem dendê, tem axé e tem química: Sobre história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de química. *Química Nova na Escola*, 39(1), 19-26.
- Vaz, E.L.S.; Acciari, H.A.; Assis, A. & Codaro, E.N. (2012). Uma experiência didática sobre viscosidade e densidade. *Química Nova na Escola*, 34(3), 155-158.
- Vertchenko, L. & Vertchenko, L. (2017). Determinação da viscosidade por meio da velocidade terminal: uso da força de arrasto com termo quadrático na velocidade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4), 1-11.
- Vygotsky, L.S. (1984). *A Formação Social da Mente*. São Paulo: Martins Fontes.
- Vygotsky, L.S. (1997). *Obras Escogidas V: fundamentos de defectologia*. Madrid: Visor.
- Vygotsky, L.S. (1987). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- Wertsch, J.V. (1991). *Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.