

Determinação da concentração de ácido acético no vinagre por medidas de tensão superficial: uma atividade didática interdisciplinar com vistas à mediação semiótica⁺

*Marco Aurélio Alvarenga Monteiro*¹

Departamento de Física e Química – UNESP

Guaratinguetá – SP

*Matheus de Moura Sampaio*²

Aluno da Escola de Engenharia Química de Lorena – USP

Lorena – SP

*Heloisa Andréa Acciari*³

*Eduardo Norberto Codaro*⁴

Faculdade de Engenharia – UNESP

Guaratinguetá – SP

Resumo

No aprendizado das Ciências a mediação semiótica é essencial para que o aluno possa se apropriar das produções culturais da comunidade científica. Nesse trabalho foi apresentada uma atividade experimental para alunos do ensino médio com o objetivo de produzir situações nas quais uma mediação semiótica relacionada ao conceito de tensão superficial possa ocorrer. Neste contexto, foi utilizado o método do peso da gota para calcular a tensão superficial do vinagre de álcool e, a partir do valor encontrado foi possível avaliar a concentração de ácido acético que este contém.

Palavras-chave: *Ensino de química; Tensão superficial; Vinagre.*

⁺ Determination of the concentration of acetic acid through surface tension measurements: interdisciplinary activities aiming for semiotics mediation

* *Recebido: julho de 2014.
Aceito: dezembro de 2014.*

¹ E-mail: marco.aurelio@feg.unesp.br

² E-mail: matheus@feg.unesp.br

³ E-mail: heloisa@feg.unesp.br

⁴ E-mail: codaro@feg.unesp.br

Abstract

In the Science learning, semiotic mediation is essential for the students to assume cultural productions of the scientific community. In this work, an experimental activity for high school students was presented, in order to create situations in which a semiotic mediation related to the concept of surface tension can occur. In this context, the drop weight method was used to calculate the surface tension of alcohol vinegar, and from this to evaluate its acetic acid concentration.

Keywords: *Chemistry teaching; Surface tension; Vinegar.*

I. Introdução

A teoria sociocultural de Vygotsky destaca que a aprendizagem é um processo que se estabelece a partir da interação social, marcada fundamentalmente por mecanismos culturais, sociais e históricos (MOLL, 1990).

Desse modo, como destaca Pino (1991), Vygotsky fundamenta sua psicologia a partir da ideia marxista de que a ação do homem sobre o mundo se estabelece a partir de instrumentos: se atua no mundo exterior, como por exemplo, para plantar uma semente, ele se utiliza de uma pá ou uma enxada, porém se sua ação se dá interiormente, como por exemplo, no caso da aprendizagem de um conceito, lança mão de símbolos e representações que se manifestam em sua linguagem.

Isso quer dizer que, a partir dessa perspectiva, a mente humana não tem acesso direto ao mundo; para agir sobre ele e transformá-lo somente fazendo uso de recursos indiretos. Para tanto, o homem cria meios mediacionais como a palavra, a imagem, o símbolo. Martins e Moser (2012) explicam bem esse processo a partir do triângulo do significado de Ogden & Richards (1976).

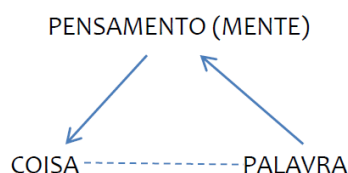


Fig. 1 – Esquema de Ogden & Richards (1976), apud Martis e Moser (2012).

Nas palavras de Vygostky:

A relação entre o pensamento e a palavra é um processo vivo; o pensamento nasce através das palavras. Uma palavra desprovida de pensamento é uma coisa morta, e um pensamento não expresso por palavras permanece uma sombra. A relação entre

eles não é, no entanto, algo já formado e constante; surge ao longo do desenvolvimento e também se modifica (VYGOTSKY, 1991, p. 131).

Nesse sentido, a linguagem destaca-se como elemento básico nas estratégias educativas, pois como enfatiza Wertsch (1998), os signos e as palavras são sistemas simbólicos que são internalizados pelo aluno nos diferentes processos de interação social. Portanto, para esta internalização ocorrer, o estudante precisa captar os significados já construídos socialmente.

Assim, o uso de termos, símbolos e esquemas no ensino das Ciências não pode ser presumido como explícito por si só, ou seja, deve ser construído num determinado contexto sociocultural e ter significado próprio, validado por uma comunidade específica e, para ser internalizada por alguém que não faz parte desse grupo, exige um processo de mediação semiótica.

Portanto, a mediação semiótica pode ser entendida como um processo de interação social a partir do qual um interlocutor mais capaz (do ponto de vista de sua experiência cultural) faz uso de mecanismos e de formas adequadas de linguagem, no sentido amplo do termo, tornando possível a compreensão do outro participante do processo interativo (WERTSCH 1984).

Nas questões relacionadas ao ensino, assim como ferramentas e instrumentos são utilizados para mediar a relação do homem com a natureza, signos e palavras também servem de mediadores, que permitem a internalização de ideias e conceitos. Dessa forma, no aprendizado das Ciências, a palavra precisa estar caracterizada num contexto físico e social para que o aluno possa se apropriar das produções culturais da comunidade científica.

Contudo, como bem destaca Wertsch (1998), o uso de palavras, símbolos ou signos, por si só, não possibilita a aprendizagem. Para tanto é necessária uma ação de mediação semiótica num contexto no qual os indivíduos que interagem socialmente utilizem os meios mediacionais que se estabelecem na interação social, podendo, assim, facilitar ao aprendiz a construção de significados.

Durante a ação, os indivíduos aprendizes vão atribuindo significados às palavras, signos ou símbolos, à medida que eles vão sendo utilizados em um determinado contexto sociocultural. Mas, para isso, essa ação precisa apresentar situações que permitam o desencadeamento de interações sociais nas quais os meios mediacionais possam ser utilizados de forma rica e motivadora para os estudantes.

No caso específico do ensino de Ciências, propomos que a ação se estabeleça em torno da atividade experimental que, no caso, não terá apenas o papel de oferecer ao professor oportunidades de verificar a teoria apresentada. Mais do que isso, poderá aproveitar as situações para introduzir os estudantes na cultura científica, estimulando pensamentos e atribuições de significados às palavras, símbolos e signos a partir de uma ação contextualizada.

No estudo da hidrostática, por exemplo, as propriedades dos líquidos não são plenamente, na maioria das vezes, discutidas e aprofundadas nos livros didáticos e, conseqüentemente na maioria das aulas de física. Portanto, muitos fenômenos do cotidiano passam des-

percebidos ou não são bem compreendidos. Um fenômeno do cotidiano abordado de maneira pouco significativa é a capacidade dos insetos de caminharem sobre a superfície da água. Muitas vezes justifica-se essa aparente contradição do Princípio de Arquimedes a partir da existência de uma espécie de película fina na superfície dos líquidos que possui certa resistência mecânica. É nesse cenário que é revelada a tensão superficial, definida como sendo a energia necessária para aumentar a área da superfície do líquido em uma quantidade unitária.

A partir disso, tem-se em torno de uma palavra a ilusão da compreensão de um conceito. Porém, na verdade, a palavra é vazia e com pouco significado para os estudantes. De onde vem essa película? Como ela se forma? Que fatores alteram sua resistência mecânica? A busca por resposta a essas questões pode suscitar um importante meio para a realização de uma prática interdisciplinar entre a física e a química. Isso porque a busca por modelos que justifiquem o fenômeno da tensão superficial passa, necessariamente, pela idealização do modelo atômico-molecular. Desta forma, discussões sobre as interações intermoleculares e o trabalho realizado pelas forças no interior dos líquidos, podem ser estabelecidas de maneira a contribuir para a construção de um pensamento que, de fato, dê maior significado ao novo conceito.

Neste contexto, é apresentada uma atividade experimental para ser realizada com alunos do Ensino Médio com o objetivo de produzir situações nas quais uma mediação semiótica relacionada ao conceito de tensão superficial possa ocorrer. Em particular, foi utilizado o método do peso da gota para calcular a tensão superficial do vinagre de álcool e, a partir desta, avaliar a concentração de ácido acético que este contém.

A intenção, portanto, é propor uma atividade experimental que sirva de ação a partir da qual alunos e professor possam interagir e um processo de mediação semiótica possa ser estabelecido e apresentar uma forma de abordagem experimental que se estenda para além daquela, mais comumente explorada em aulas experimentais, meramente verificacionista.

Dessa forma, o experimento que propomos contém procedimentos que permitem oportunidades para que o professor tenha condições de desencadear ações, dele com os alunos e o objeto de aprendizagem, que propiciem uma mediação semiótica capaz de oferecer aos estudantes a compreensão do conceito de tensão superficial a partir da modelo molecular dos líquidos.

O método baseia-se na aplicação da Lei de Tate (ADAMSON; GAST, 1997), a qual pode ser enunciada da seguinte maneira:

O peso de uma gota (P) que se pendura de um tubo é proporcional ao raio do orifício de saída (r) e à tensão superficial do líquido (γ) (Equação 1).

A gota se soltará no instante em que o peso (P) ultrapasse a resultante das forças (F) que dão origem à γ (Fig. 1a).

Assim, para certo orifício, o peso médio de uma gota de vinagre permite calcular diretamente sua tensão superficial e, com o auxílio de uma curva de calibração: Tensão superfi-

cial vs. Concentração de ácido acético é possível avaliar a concentração deste ácido no vinagre.

$$P = \gamma 2 \pi r \quad (1)$$

O vinagre de álcool foi escolhido por ser uma solução aquosa de composição relativamente simples, cujo soluto principal reduz consideravelmente a tensão superficial do solvente.

II. A atividade experimental

A atividade experimental proposta pode ser desenvolvida em aulas de física do Ensino Médio.

Os materiais a serem utilizados são:

- Amostras de marcas diferentes de vinagre
- Água
- Solução alcoólica de fenolftaleína
- Solução de NaOH 0,1000 mol/L
- Dois frascos de Erlenmeyer de 125 mL
- Uma bureta
- Uma balança semianalítica

Para um melhor aproveitamento da aula prática, recomenda-se a divisão em grupos de alunos, de acordo com o número de marcas de vinagres disponíveis. Para tanto, encher uma bureta de 50 mL com água destilada, depois pesar um Erlenmeyer de 125 mL em uma balança semianalítica e colocá-lo debaixo desta, abrir devagar a torneira e coletar 40 gotas a uma velocidade de gotejamento de aproximadamente 1 gota a cada dois segundos (Fig. 1b).

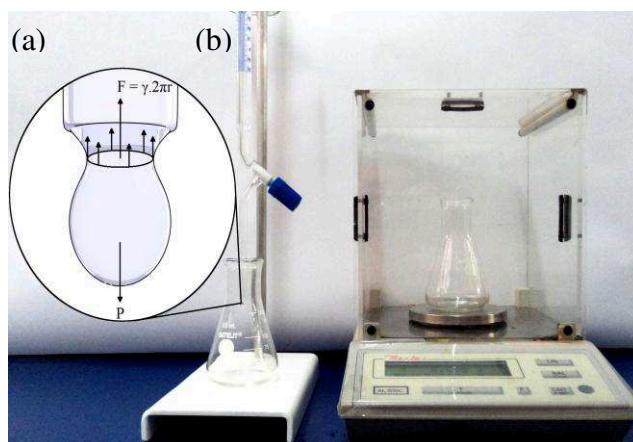


Fig. 1: (a) Forças em uma gota e (b) dispositivos de medidas.

Pesar novamente o Erlenmeyer e por diferença calcular a massa média de uma gota de água ($m_{\text{água}}$). Esvaziar a bureta enxaguar-la com um pouco de vinagre e enchê-la com este

líquido. Repetir o procedimento utilizando outro Erlenmeyer de 125 mL e calcular a massa média de uma gota de vinagre (m_{vinagre}). Desta maneira, não é necessária a aferição do orifício de saída da bureta, fato que fica evidente na Equação 2 deduzida a partir da Equação 1, onde $\gamma_{\text{água}}$ é a tensão superficial d'água à temperatura de trabalho (Tabela 1) e γ_{vinagre} é a tensão superficial do vinagre que se pretende determinar.

$$\gamma_{\text{vinagre}} = \frac{\gamma_{\text{água}} m_{\text{vinagre}}}{m_{\text{água}}} \quad (2)$$

Em seguida, utilizando a curva de Tensão superficial vs. Concentração de ácido acético (Fig. 2a) fornecida pelo professor estima-se a concentração deste ácido. Mesmo que a temperatura de trabalho seja diferente daquela da curva de calibração, as tensões superficiais de soluções diluídas de ácido acético (<13 g/100 mL) no intervalo de 15° a 25°C não diferem em mais de 1% em relação às determinadas a 20°C (ALVAREZ *et al.*, 1997; BARCELLOS *et al.*, 2004).

Uma vez obtida a concentração, esta pode ser comparada com aquela declarada no rótulo da garrafa de vinagre ou verificada mediante titulação ácido-base. Neste caso, coletar 5,0 mL de vinagre no Erlenmeyer contendo as 40 gotas de água, adicionar 2 gotas de solução alcoólica de fenolftaleína e completar com mais água até a marca de 50 mL. A seguir, esvaziar a bureta, lavá-la primeiro com água destilada e depois com solução de NaOH 0,1000 mol/L padronizada e enchê-la com esta solução. Titular a uma velocidade de gotejamento de 1 gota por segundo até viragem do indicador, de incolor para rosa. Calcular a concentração de ácido acético no vinagre de acordo com Equação 3.

$$C_{\text{ácido}} = \frac{C_{\text{base}} V_{\text{base}}}{V_{\text{ácido}}} \quad (3)$$

Onde C_{base} e V_{base} são a concentração e o volume gasto da solução padronizada, $C_{\text{ácido}}$ e $V_{\text{ácido}}$ são a concentração de ácido acético e o volume do vinagre (5,0 mL), respectivamente.

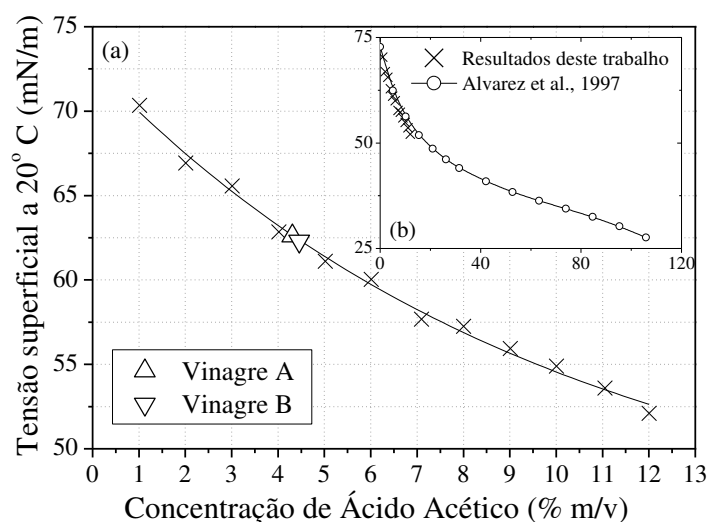


Fig. 2: Curvas de Tensão superficial vs. Concentração de ácido acético: (a) no intervalo de trabalho (b) comparação com a literatura.

Tabela 1: Tensão superficial da água a diferentes temperaturas (HANDBOOK, 1967)

Temperatura (°C)	Tensão Superficial (mN/m)
15,0	73,49
16,0	73,34
17,0	73,19
18,0	73,05
19,0	72,90
20,0	72,75
21,0	72,59
22,0	72,44
23,0	72,28
24,0	72,13
25,0	71,97

III. Resultados e discussão

No decorrer da atividade experimental, os alunos poderão vivenciar situações próprias do contexto no qual os conceitos científicos são construídos. Na coleta e discussão dos resultados, os alunos terão a oportunidade de atuar no mundo social, numa atividade coordenada pelo professor. Neste processo, o professor deverá orientar as ideias com foco na estrutura da matéria para que um raciocínio lógico possa acontecer. A água por sua própria natureza apresenta uma tensão superficial mais elevada do que a maioria dos líquidos, devido principalmente à presença de ligações de hidrogênio, de maior intensidade dentre todas as demais interações intermoleculares. Qualquer solução aquosa cujo soluto contribua para um aumento ou diminuição do número de ligações de hidrogênio apresentará valores de tensão superficial maiores ou menores que a própria água, respectivamente (BROWN *et al.*, 2005). Portanto, a discussão em torno dos resultados obtidos permitirá aos estudantes buscar os motivos pelos quais a tensão superficial diminui com o aumento da concentração das soluções.

Pela Fig. 2b é possível comparar os valores de tensão superficial obtidos pelo presente método para diferentes soluções de ácido acético com outros reportados na literatura (ALVAREZ *et al.*, 1997). Esta consistência entre os resultados reforça a validade da Equação 1 e o procedimento adotado. Observa-se claramente que a tensão superficial diminui com o aumento da concentração do ácido.

Como os alunos podem interpretar esse resultado? O professor pode iniciar a discussão propondo uma apresentação de cada estudante sobre as concepções que tem sobre o modelo atômico-molecular.

Nesse sentido, à medida que a compreensão avança, outra etapa no processo pode ser estabelecida, como por exemplo, a discussão sobre o papel das pontes de hidrogênio: como atuam? Como representá-las? Como são afetadas à medida que a concentração de ácido aumenta? O professor deve direcionar as discussões e dirimir as dúvidas para tornar mais claro cada um dos aspectos de suas próprias ideias.

É nesse contexto que os estudantes deverão construir argumentos coerentes com a ideia de que na medida em que se aumenta a relação ácido/água, o número de ligações de hidrogênio diminui em média de 4 para 2 quando se troca uma molécula de água por uma de ácido (Fig. 3a, b).

Em soluções concentradas, aumenta a probabilidade de associação entre as próprias moléculas de ácido e as ligações de hidrogênio podem diminuir de 2 para 1 por molécula de ácido (Fig. 3b, c).

Para enriquecer a discussão, o professor pode chamar a atenção para a existência de outra força intermolecular menos intensa, porém não menos importante. Por se tratar de moléculas polares, as intensidades das interações dipolo-dipolo também diminuem progressivamente, de 1,85 Debyes na água para 1,74 Debyes no ácido acético puro.

Neste ponto cabe destacar que a água apresenta maior momento dipolar, devido, principalmente, à diferença de eletronegatividade entre H-O (1,32) na água e C-O (0,90) no ácido. Como consequência, as forças intermoleculares diminuem como um todo (HANDBOOK, 1967).

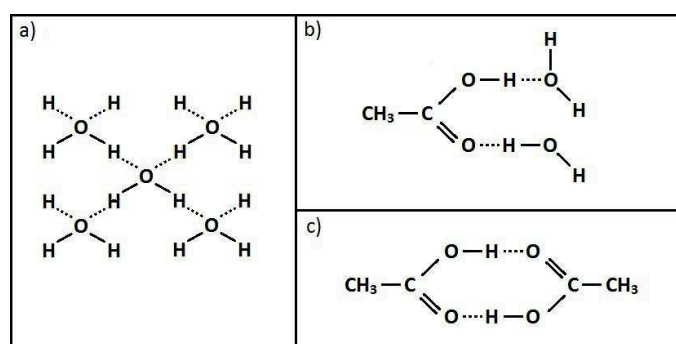


Fig. 3: Ligações de hidrogênio na água (a), entre a água e o ácido acético (b) e entre as moléculas de ácido acético (c).

Na Fig. 2a, é apresentada a curva de Tensão superficial *versus* Concentração no intervalo de interesse, exibindo duas marcas de vinagres de álcool nacionais (A = 4,31 e B = 4,46% m/v). Observa-se que as concentrações determinadas graficamente para esses vinagres são muito próximas daquelas obtidas por titulação (A = 4,08 e B = 4,26% m/v) e estão

em boa concordância com aquelas especificadas nos rótulos das garrafas ($A = 4,0$ e $B = 4,2\%$ m/v).

Os gráficos também contribuem para que os estudantes se relacionem com outras formas de representação, próprias da comunidade científica.

IV. Considerações finais

Pelos resultados obtidos na atividade experimental proposta infere-se que a presente experiência aplica-se com sucesso a diferentes vinagres de álcool, pelo fato destes condimentos serem constituídos basicamente de ácido acético e água. Assim, o professor não terá dificuldades em reproduzir bons resultados em sala de aula.

Cabe destacar que o professor poderá fornecer a curva de calibração a partir de suas próprias medidas no lugar de utilizar as da literatura, mas não recomendamos que os alunos obtenham estes dados experimentalmente, devido ao fato das soluções de calibração, principalmente as mais concentradas que a amostra de vinagre, terem um odor um pouco irritante.

Ressaltamos que, a partir das indicações da teoria Sociocultural de Vygotsky, toda proposta experimental pode ser entendida como uma ação capaz de gerar situações que propiciem o desencadeamento de interações sociais nas quais o professor pode possibilitar a mediação semiótica. Contudo, na maioria das vezes, isso não é feito e a experimentação ganha um caráter mais verificacionista de uma teoria exposta em que os alunos têm dificuldade de construir algum significado.

A proposta de atividade que apresentamos neste trabalho, contextualizada na construção de uma curva de calibração e na medida experimental da tensão superficial, oferece ao professor os meios para que ele possa envolver seus alunos numa atividade de mediação semiótica, importante para uma compreensão mais significativa não apenas do conceito de tensão superficial, mas também da estrutura da matéria e das forças intermoleculares que determinam as propriedades intensivas dos líquidos e das soluções. As palavras, os símbolos, as representações das interações moleculares ao serem mediadas pelo professor a partir da realização da prática podem oferecer aos alunos maior compreensão dos conceitos relativos às propriedades dos líquidos.

Bibliografia

ADAMSON, A. W.; GAST, A. P. **Physical chemistry of surfaces**. 6. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997.

ALVAREZ, E.; VÁZQUEZ, G.; SÁNCHEZ-VILAS, M.; SANJURJO, B.; NAVAZA, J. M. Surface tension of organic acids + water binary mixtures from 20 to 50 °C. **Journal of Chemical and Engineering Data**, v. 42, p. 957-960, 1997.

BEHRING, J. L.; LUCAS, M.; MACHADO, C.; BARCELLOS, I. O. Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da cmc de surfactantes no ensino da química. **Química Nova**, v. 27, p. 492-495, 2004.

BROWN, T. L.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química, a ciência central**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

HANDBOOK OF CHEMISTRY, 10. ed. New York: **McGraw-Hill Book Co.**, 1967.

MARTINS, O. B.; MOSER, A. Conceito de Mediação em Vygotsky, Leontiev e Wetsch. **Revista Intersaberes**, v. 7 n. 13, p. 8-28, 2012

MOLL, L. C. **Vygotsky and education. Instructional implications and applications of sociohistorical psychology**. New York: Cambridge University Press, 1990.

PINO, A. O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. **Cadernos Cedes**, Campinas, n. 24, p. 32-43, mar. 1991.

WERTSCH, J. V. **Mind as action**. New York: Oxford University Press, 1998.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.