

Artigo

Ensino da Tensão Superficial na Graduação Através de Experimentos Fáceis que não Requerem Infraestrutura Laboratorial

Husmann, S.; Orth, E. S.*

Rev. Virtual Quim., 2015, 7 (3), 823-834. Data de publicação na Web: 19 de maio de 2015

<http://www.uff.br/rvq>

Teaching Surface Tension Using Easy-to-do Experiments in Undergraduate Classes

Abstract: Teaching the concepts of surface tension can be surprisingly improved by easy-to-do experiments. Therefore, an experimental guide was implemented in an undergraduate class, using reusable kits with inexpensive materials of easy access. This approach does not require any laboratory infrastructure and can be performed in any classroom. The experiments initially involve floating clip on water. Then, droplet size and amount of liquid per drop of water, alcohol and a mixture of these liquids was related to the surface tension and also the intermolecular interactions.

Keywords: Surface tension; experimentation in teaching; classroom experiments.

Resumo

A assimilação do conceito fundamental de tensão superficial pelos estudantes pode ser muito melhorada com a aplicação de experimentos simples, que não requerem o uso de laboratório. Assim, este artigo relata um guia experimental implementado em salas de aula de graduação, envolvendo materiais de baixo custo e fácil acesso. Inicialmente, investigou-se a flutuação de clip sobre a água e, em seguida, o formato e o número de gotas de água, álcool e uma mistura destes líquidos. Os resultados obtidos nos experimentos foram correlacionados às interações intermoleculares e, conseqüentemente, à tensão superficial.

Palavras-chave: Tensão superficial; experimentação no ensino; experimento em sala de aula.

* Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Departamento de Química, CEP 81531-970, Curitiba-PR, Brasil.

✉ elisaorth@ufpr.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20150041](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150041)

Ensino da Tensão Superficial na Graduação Através de Experimentos Fáceis que não Requerem Infraestrutura Laboratorial

Samantha Husmann, Elisa S. Orth*

Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Departamento de Química, CEP 81531-970, Curitiba-PR, Brasil.

* elisaorth@ufpr.br

Recebido em 31 de julho de 2014. Aceito para publicação em 19 de maio de 2015

1. Introdução

2. Procedimento Experimental

2.1. Primeira parte: “Flutuação de um clip”

2.1. Segunda parte: Avaliar o formato e medir o número de gotas dos líquidos

2.3. Terceira parte: Gotejamento sobre moedas

3. Resultados e Discussão

3.1. Implementação dos experimentos em sala de aula

3.1. Assimilação dos experimentos realizados e atividades adicionais propostas

3.3. Tensão superficial em fenômenos do dia a dia: ampliando o conhecimento

4. Conclusão

1. Introdução

O uso da experimentação no ensino da Química é fundamental, principalmente por permitir a visualização e a compreensão mais concreta do tema em estudo.¹ Particularmente, a experimentação problematizadora vem atraindo muita atenção, pois oferece uma construção individual e mais eficaz do conhecimento.²

Uma alternativa é iniciar a aula com o experimento, sem qualquer introdução teórica para que o aluno construa hipóteses que expliquem os fenômenos observados.

Outra possibilidade é o aluno prever os resultados do experimento com base em conhecimentos já adquiridos. Nessa abordagem, o estudante se surpreende com resultados “problemáticos” ou “inéditos”, que deverá gerar reflexão. A reflexão é um alicerce da aprendizagem, e pode ser utilizada como estratégia de ensino.^{1,3}

Nesse contexto, a tensão superficial é um tópico de abordagem experimental bastante interessante em sala de aula, devido aos inúmeros fenômenos do dia a dia que são consequências desse efeito.⁴

A tensão superficial ocorre em interfaces entre um líquido e um vapor, por exemplo, a

água e o ar, conforme ilustrado na Figura 1. Diferentemente das moléculas de água no interior da solução, há um desequilíbrio das forças com as moléculas que estão na interface, levando à tensão superficial.⁵ A tensão superficial de um líquido será maior, quanto maiores forem as forças intermoleculares.

A molhabilidade dos líquidos, ou seja, sua tendência em aderir ou espalhar-se sobre uma superfície sólida, também está intrinsicamente relacionada à tensão superficial. Assim, quanto maior for a tensão superficial, maior será o ângulo de contato do líquido com a superfície,* e consequentemente, menor será sua molhabilidade.

A concepção de tensão superficial é muito relevante e é apresentada normalmente em disciplinas iniciais de cursos de graduação em Química. Apesar de sua fundamentação e assimilação com experiências simples ser uma ferramenta norteadora para professores do ensino universitário, elas ainda são escassas na literatura. De fato, os conceitos de tensão superficial estão amplamente discutidos na literatura e existem muitos experimentos interessantes que podem ser aplicados, no entanto, exigem uma mínima infraestrutura laboratorial.⁶

A experimentação no ensino universitário, em geral, está atrelada às disciplinas experimentais curriculares, porém são poucas as propostas de experimentos alternativos que podem ser aplicados em disciplinas teóricas.⁶ Neste artigo, relatamos a utilização de um experimento simples em sala de aula do curso de Licenciatura em Química (Universidade Federal do Paraná) bem sucedido e de baixo custo para explicar o fenômeno da tensão superficial.

Nessa proposta, os experimentos devem ser realizados antes da apresentação da fundamentação teórica do assunto para que

* Trata-se do ângulo entre um plano tangente a uma gota do líquido e um plano contendo a superfície onde o líquido se encontra depositado.

o aluno possa construir suas hipóteses e discuti-las posteriormente em grupo. Essa abordagem ampara de forma mais efetiva a assimilação dos fundamentos do tema pelos alunos.³ Não há relatos na literatura de propostas de experimentos sobre a tensão superficial que possam ser aplicadas em qualquer sala de aula. Embora o fenômeno da gota seja amplamente conhecido, não existem trabalhos que proponham a aplicação desse fenômeno com roteiros elaborados.

Assim, esperamos diversificar o ensino na graduação com esta proposta, aumentando o interesse dos alunos pelo tema. Uma vez que ele é muitas vezes abordado separadamente em aulas teóricas e experimentais, a proposta desta prática também permite que experimentos mais elaborados sejam realizados nas disciplinas experimentais, visto que o conhecimento do aluno sobre o tema está mais profundo e consolidado.⁷

2. Procedimento Experimental

Inicialmente, foram preparados os kits entregues aos grupos de alunos que realizaram as atividades descritas no roteiro. Idealmente, cada kit deve ser usado por grupos de 3-4 alunos, no máximo, e o número de grupos total depende apenas do tamanho da sala de aula, uma vez que uma mesa é suficiente para a execução dos experimentos, podendo ser a própria carteira do aluno. Os itens necessários em cada kit, ilustrados na Figura 2, são: (i) 1 pipeta Pasteur de plástico graduada ou 1 contagotas; (ii) 1 moeda, de preferência de 25 centavos, podendo ser de 5, 10, 50 centavos ou 1 real; (iii) 3 frascos pequenos, rotulados como A, B e C e contendo no máximo 5 mL dos líquidos: água, álcool etílico 94% (álcool combustível, obtido em posto de gasolina) e uma mistura de ambos na proporção 1:1 (em volume). O aluno terá que identificar o líquido pelos experimentos. A identificação adotada aqui foi: A = água; B = álcool combustível e C = mistura água-álcool.

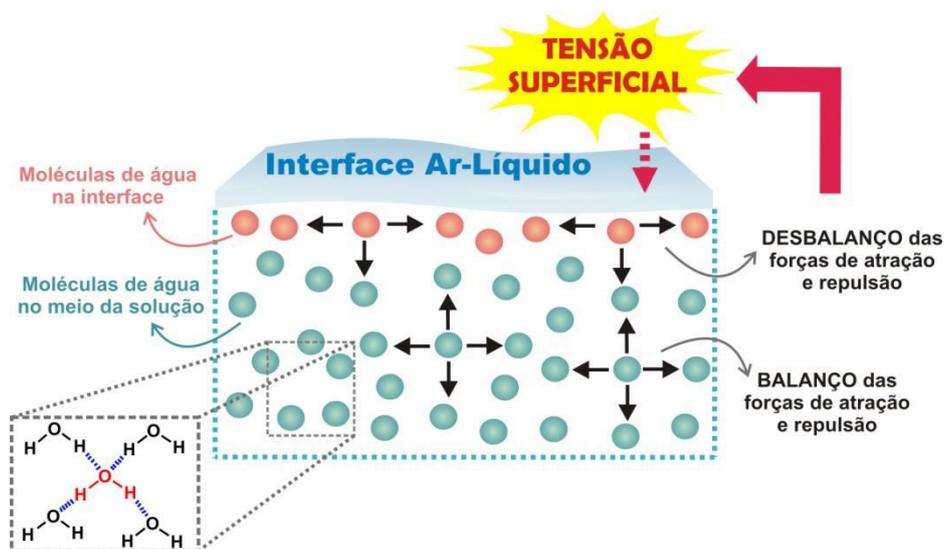


Figura 1. Representação das forças que produzem a tensão superficial

Figura 2. Ilustração do roteiro implementado

A escolha dos líquidos baseou-se no seu baixo custo e fácil acesso. O experimento poderia também ser feito com o álcool comercial (álcool etílico hidratado, 46%), no entanto, as diferenças de tensão superficial entre os líquidos nesse caso não seriam tão expressivas (número semelhante de gotas), tornando difícil a distinção dos líquidos/misturas. Julgamos mais interessante o efeito observado com álcool combustível por apresentar maior percentagem de etanol (~94%), o que torna as diferenças perceptíveis.

A pipeta Pasteur indicada pode ser encontrada em lojas de material para laboratório (ou em lojas de embalagens). Caso seja mais fácil obter, a pipeta pode ser substituída por conta-gotas convencionais, com marcações a caneta (medindo a altura com uma régua), para garantir que o volume seja o mesmo. O uso da pipeta de plástico graduada permite uma associação mais direta com o volume, ao invés de altura, no caso do conta-gotas.

Além disso, sugere-se que o professor entregue, para cada grupo, um papel-toalha

(não reutilizável) para cobrir a mesa onde será realizada a atividade. O preço estimado de cada kit é R\$ 3,00 com a pipeta Pasteur e R\$ 5,00 com o conta-gotas, sem incluir as moedas utilizadas. O kit é reutilizável por tempo indeterminado, pois depende apenas do cuidado no manuseio dos itens e da contaminação das soluções, visto que são líquidos estáveis.

Antes de seguir o roteiro, os alunos foram questionados quanto ao fenômeno de insetos andarem sobre a água (“Um conhecido fenômeno da natureza são insetos que andam sobre a água. Como eles conseguem realizar esse feito?”), com o intuito de instigá-los a responder a pergunta com base nas observações e conhecimentos construídos ao longo da realização dos experimentos. Evidentemente é uma questão bastante difundida, que talvez já tenha sido abordada no ensino médio,⁸ mas é importante que o aluno possa descrever o fenômeno com base nos conceitos teóricos, que serão aprofundados em aulas seguintes.

Os experimentos foram divididos em três partes, detalhadas a seguir. É importante repetir que na abordagem deste artigo, a aprendizagem é realizada de forma investigativa e contextualizada, sem a apresentação do conteúdo antes da execução do experimento. A proposta do roteiro deve ser implementada quando for feita a introdução do conceito de tensão superficial na sala de aula, podendo ser integralmente concluído em duas horas, ou ser dividida em mais de uma aula. Lembrando que esse roteiro foi elaborado como ferramenta de ensino da disciplina teórica, não exige laboratório ou qualquer instrumentação mais específica. Sugere-se que o professor elabore um roteiro para entregar aos alunos, para que eles possam acompanhar os procedimentos durante a aula, com base nas instruções apresentadas.

2.1. Primeira parte: “Flutuação de clip”

A primeira parte do roteiro proposto é

uma demonstração feita pelo professor, usando um copo de água. Sugere-se que questione os alunos se um clip deve flutuar sobre a água, podendo até disponibilizar clips (metal N° 2-6 cm) e solicitar que eles o coloquem sobre a água. Devido à elevada força ao posicionar o clip sobre a água, o clip irá afundar. Para que o clip flutue, é necessário utilizar um artifício. Os passos necessários para fazer o clip flutuar estão apresentados na Figura 2, devendo-se: (i) colocar um pedaço de papel toalha sobre a água; (ii) apoiar o clip sobre o papel; (iii) empurrar, cuidadosamente, o papel para dentro da solução, que afundará e o clip irá flutuar.

2.2. Segunda parte: Avaliar o formato e medir o número de gotas dos líquidos

Na segunda parte, os alunos devem realizar as etapas em grupo utilizando os kits, e assim algumas precauções devem ser tomadas: (i) cuidar para não derramar ou virar as soluções, apoiando-as adequadamente em uma mesa; (ii) evitar o desperdício de papel toalha; (iii) treinar o gotejamento das soluções para se familiarizar em obter gotas homogêneas; (iv) não misturar as soluções; (v) ao usar uma solução, certificar-se de que não sobrou líquido na pipeta, sempre secando a ponta para não contaminar as demais soluções.

A Figura 2 ilustra o que foi feito pelos alunos. Utilizando uma pipeta Pasteur, observar a graduação do volume e medir 1 mL da solução A (outro volume pode ser escolhido, mas observou-se que este é o mais indicado). Gotejar este volume de volta ao seu frasco, contando o número de gotas e observando qualitativamente o tamanho da gota. Anotar o número de gotas obtido e limpar a pipeta, secando sua ponta no papel toalha (encostando para tirar o excesso). Realizar o mesmo procedimento para os líquidos B e C. Caso o professor prefira utilizar conta-gotas, deve-se realizar os mesmos passos, no entanto, o volume a ser medido será definido por uma marcação

(medindo a altura com uma régua) no conta-gotas, para garantir que o aluno use sempre o mesmo volume.

2.3. Terceira parte: Gotejamento sobre moedas

Na terceira parte, os alunos realizaram as etapas em grupo, gotejando os líquidos sobre a moeda para avaliar a molhabilidade e detectar o momento em que a gota sobre a moeda transborda. Procedimento: (i) colocar uma moeda seca (preferência de 25 centavos) sobre o papel toalha seco; (ii) medir aproximadamente 2,5 mL da solução "A" com uma pipeta; (iii) gotejar com cuidado em cima da moeda (sem molhar o papel toalha), contando o número de gotas, observando uma gota grande se formar sobre a moeda. Continuar gotejando até que se espalhe o líquido, rompendo a gota e molhando o papel toalha. Anotar o número de gotas necessário para romper a gota maior e espalhá-la sobre o papel toalha. Devolver o líquido que sobrou na pipeta ao respectivo frasco; (iv) limpar o conta-gotas, secando sua ponta no papel-toalha, e repetir os passos para os líquidos B e C.

A Figura 2 representa essa etapa, utilizando uma moeda de 25 centavos. A escolha dessa moeda se deve à sua maior área, que permite melhor visualização da gota formada. Outras moedas também podem ser utilizadas, como já vimos. Essa etapa também pode ser realizada com um conta-gotas, medindo-se a altura do líquido que foi gasto.

3. Resultados e Discussão

3.1. Implementação dos experimentos em sala de aula

De acordo com o roteiro proposto, o professor pode iniciar a introdução ao tema

de tensão superficial pela demonstração da flutuação do clip. A percepção pelo aluno da flutuação como consequência da tensão superficial é fundamental para ampliar sua aprendizagem e permite ao aluno associar demais decorrências desse efeito.

Na prática, a reação dos alunos foi positiva e muito produtiva. Todos puderam participar e opinar. Em seguida, perguntas foram feitas para estimular a discussão e a compreensão do fenômeno, como: "Por que o clip flutua sobre a água?"; "O que aconteceria se você tentasse repetir os mesmos passos usando uma moeda de 25 centavos ao invés do clip? Por quê?"; "Associe a demonstração com o fenômeno de insetos andarem sobre a água. Ambos ocorrem devido ao mesmo efeito?".

Na segunda e terceira parte do roteiro, os alunos executaram as etapas propostas em grupo, onde eles questionaram as observações experimentais, fazendo associações e buscando compreender os conceitos abordados.

Os resultados obtidos para a segunda parte, em que se mediu o número de gotas para um dado volume, foram realizadas em triplicata, e a na Tabela 1 mostra as médias obtidas para cada líquido.

No roteiro proposto, dever-se-ia medir apenas o número de gotas para um dado volume, sendo sugerido 1 mL, mas podendo ser outro volume. O aluno deverá preencher uma tabela análoga às Tabelas 1 e 2, conforme o roteiro adotado pelo professor.

Analisando a Tabela 1, observa-se que em todos os volumes avaliados a média do número de gotas/mL está na ordem crescente: $A < C < B$. A escolha do volume define quanto tempo o aluno leva para contar as gotas, portanto, volumes maiores levarão a experimentos mais longos. Todavia, a escolha de volumes menores pode levar a erros na contagem. Por isso, foi escolhido um volume intermediário (1 mL), que leva a uma diferença significativa entre o número de gotas medidas para os diferentes líquidos em

um tempo razoável. Ao término da segunda parte, o professor questionou os alunos:

➤ Você percebeu diferença no tamanho da gota formada, comparando os líquidos avaliados? Por que isso ocorre?

➤ Ordene, em ordem crescente, os números de gotas obtidos para cada líquido. Explique o porquê da diferença no número de gotas, se o volume é o mesmo.

➤ Por que se tem o formato de gota?

Tabela 1. Número de gotas para um dado volume, utilizando pipeta Pasteur ou conta-gotas

Pipeta Pasteur			
Volume, mL	Número de gotas e desvio padrão ^a		
	A – Água	B – Álcool	C - Mistura (1:1)
0,5	11,2±0,2	23,7±0,5	20,3±0,5
1,0	22,0±1,0	47,7±1,5	44,0±1,0
1,5	34,3±0,6	74,0±1,0	67,0±1,7
2,0	45,3±1,6	95,7±1,1	86,3±0,6
Número de gotas/mL ^b	22,5±0,8	48,0±1,0	43,1±0,8
Conta-gotas			
Distância, cm ^c	Número de gotas e desvio padrão ^a		
	A – Água	B – Álcool	C - Mistura (1:1)
1	4,3±0,5	9,0±0,0	7,7±0,5
2	8,0±0,0	18,0±0,0	15,0±0,0
3	12,0±0,0	26,7±0,6	23,2±0,3
Número de gotas/cm ^d	4,1±0,2	8,9±0,2	7,6±0,2

^a Os desvios padrão foram calculados utilizando a fórmula: $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$, onde \bar{X} = média. ^b Média do número de gotas por mL. ^c Marcação feita no conta-gotas para garantir que sempre seja aferido o mesmo volume, medindo a distância com uma régua a partir da ponta do conta-gotas. ^d Corresponde à média do número de gotas para uma mesma distância (cm) medido no conta-gotas.

Devido ao desequilíbrio de forças na superfície de um líquido, existe uma tendência natural de se diminuir o efeito da tensão, reduzindo o número de moléculas na superfície, levando a formatos de esferas.

A esfera possui a menor relação entre área e volume, sendo assim mais favorável, principalmente para líquidos que possuem maiores interações intermoleculares. No entanto, a esfera se transforma em uma gota

devido ao peso. Assim, ao gotejar um líquido, inicialmente a gota não cai devido à atração com o restante da solução e somente quando o peso da gota for grande o suficiente para romper essa atração, a gota cai. Quanto maior a atração entre as moléculas do líquido, maior é sua tensão superficial e conseqüentemente maior será o tamanho da gota.⁵

Dessa forma, no método da gota, a tensão superficial (γ) pode ser relacionada com a força exercida pelo peso da gota (m.g, onde m = massa; g = gravidade), dividida pela circunferência da ponta da pipeta ($2.\pi.r$), uma vez que no momento do desprendimento da gota, essas duas forças estão em equilíbrio. Já que a tensão superficial dependerá da massa da gota, esta pode ser facilmente relacionada com o volume (V) e densidade (ρ) da mesma, conforme mostrado na Equação 1:⁹

$$\gamma = \frac{mg}{2\pi r} = \frac{V\rho g}{2\pi r} \quad (1)$$

Observando-se a equação 1, conseguimos fazer então uma relação direta entre tensão superficial e volume da gota observada, em que o tamanho da gota aumenta com o aumento da tensão superficial do líquido. Dessa forma, o tamanho da gota de água é

consideravelmente maior do que a do etanol. Quanto mais fortes forem as interações intermoleculares de um líquido, maior será a tensão superficial e, conseqüentemente, maior será o tamanho da gota formada. Logo, os alunos perceberam um tamanho crescente de gota de B < C < A, devido à maior proporção de água, nessa sequência. Como o tamanho das gotas é diferente, o líquido com menor tamanho de gota (menor tensão superficial) tem maior número de gotas para um dado volume, assim como o líquido de maior tensão superficial leva ao menor número de gotas.

Em seguida, os alunos realizaram a terceira parte do roteiro, e os resultados obtidos em triplicata estão na Tabela 2. Novamente são apresentados resultados para várias moedas, sendo que no presente trabalho, sugere-se o uso de uma moeda de 25 centavos por apresentar uma área superficial razoável, permitindo visualizar o fenômeno claramente.

Tabela 2. Número de gotas e volume (mL) obtidos no experimento com moedas

Pipeta Pasteur						
Moeda	A - Água		B - Álcool		C - Mistura (1:1)	
	Número de gotas	Volume, mL ^a	Número de gotas	Volume, mL ^a	Número de gotas	Volume, mL ^a
R\$ 0,05	35,7±2,0	1,59	24,3±1,7	0,51	40,3±0,9	0,94
R\$ 0,10	34,3±2,9	1,53	20,0±1,0	0,42	25,7±2,1	0,60
R\$ 0,25	42,7±2,1	1,90	32,7±2,1	0,68	40,7±0,6	0,94
R\$ 0,50	32,3±2,3	1,44	24,3±1,5	0,51	36,0±2,0	0,83
R\$ 1,00	41,0±0,8	1,82	37,7±2,6	0,78	46,3±0,5	1,07
Conta-gotas						
Moeda	A - Água		B - Álcool		C - Mistura (1:1)	
	Número de gotas	Altura, cm ^a	Número de gotas	Altura, cm ^a	Número de gotas	Altura, cm ^a
R\$ 0,05	22,7±1,1	5,51	17,0±1,0	1,90	20,3±0,6	2,67
R\$ 0,10	26,7±1,1	6,49	24,0±1,0	2,68	28,7±0,6	3,76
R\$ 0,25	29,0±0,0	7,05	25,7±0,6	2,86	39,0±2,0	5,11
R\$ 0,50	21,0±1,0	5,11	20,7±0,6	2,31	28,7±1,5	3,80
R\$ 1,00	32,0±1,0	7,78	28,7±0,6	3,20	44,0±1,7	5,90

^a Calculado com base na Tabela 2, quando se determinou quantas gotas tem em determinado volume (1 mL na pipeta) ou marcação (altura no conta-gotas). Os desvios padrão foram calculados conforme já especificado no rodapé da Tabela 1.

Após o uso dos kits pelos alunos, o professor correlacionou os experimentos realizados (segunda e terceira parte), e levantou as seguintes questões:

- Existe diferença no tamanho da gota que se forma sobre a moeda antes de espalhar? Por quê?
- Correlacione o tamanho da gota com a segunda etapa e calcule o volume que espalha para cada líquido, justificando as diferenças.
- Explique a diferença de volume de cada líquido necessária para espalhar sobre a moeda.
- Sabendo que os líquidos são água, álcool combustível (~94% álcool etílico) e uma mistura (1:1 em volume) de água e o álcool, identifique cada solução, correlacionando com o comportamento observado.
- Supondo que o experimento seja feito com moedas menores ou maiores, o que seria esperado para cada caso?
- Sobre qual dos líquidos seria mais fácil para um inseto andar?

As observações realizadas nos dois experimentos feitos pelos alunos são o suficiente para que eles consigam estabelecer relações de tensão superficial entre os diferentes líquidos e responder as questões. Como vimos, observa-se uma gota maior sobre a moeda no líquido com maior tensão superficial. É importante ressaltar que a gota se forma sobre a moeda devido ao caráter hidrofóbico dos constituintes da moeda e hidrofílico dos líquidos avaliados (interação sólido-líquido). Ao passo que essas interações intermoleculares do líquido se tornam mais fracas, a tensão diminui e a gota formada sobre a moeda é menor.

Como a água possui atrações intermoleculares mais fortes, devido às ligações de hidrogênio, ela tem a maior tensão superficial dentre todos os líquidos. Isso se deve a capacidade de uma molécula

de água de conseguir fazer até quatro ligações de hidrogênio, duas com o par de elétrons isolados do átomo de oxigênio, e duas com cada átomo de hidrogênio, conforme ilustrado na Figura 1.

O etanol, por outro lado, faz número menor de ligações de hidrogênio por molécula (pelo grupamento hidroxila -OH) do que a água e isso justifica sua tensão superficial menor. Por fim, a mistura água e álcool tem comportamento intermediário e tensão superficial entre os valores da água e do álcool etílico. Se fossem utilizadas moedas menores, diminuir-se-ia a área de formação da gota, sendo necessário um menor volume de líquido para que ocorra o transbordamento. Da mesma forma, se a moeda fosse maior, o contrário ocorreria.

3.2. Assimilação dos experimentos realizados e atividades adicionais propostas

Observou-se que a inserção de experimentos simples envolvendo tensão superficial incentivou os alunos a participarem mais da aula. Certamente essa abordagem ajudou na assimilação do assunto e permitiu que o professor pudesse aprofundar o conteúdo com segurança em aulas seguintes. Realizou-se um questionário de conteúdo variável e 70% dos alunos participantes responderam. Todas as respostas foram positivas quanto a implementar experimentos simples no ensino de disciplinas teóricas. Além disso, os alunos acharam que a metodologia adotada é melhor para assimilação do conteúdo que apenas apresentar vídeos, o que é normalmente feito quando esse assunto é abordado.

De fato, observa-se que a experimentação pelo aluno ajuda-o a assimilar o assunto teórico abordado. A realização da atividade prepara melhor o aluno para realizar disciplinas experimentais com roteiros mais elaborados.

Assim, eles percebem que não só na Química, mas de uma forma geral, podem

construir o conhecimento com base em evidências. Ainda quando aprofundados os aspectos teóricos da tensão superficial e abordados assuntos relacionados, como tensoativos, os conceitos trabalhados ao longo dos experimentos podem ser lembrados a fim de contextualizar situações. Por exemplo, seguem algumas questões avançadas que o professor poderá levantar e relacionar com outros assuntos:

➤ **Pergunta:** Sabe-se que os tensoativos são moléculas que diminuem a tensão superficial da água e são importantes para diversas funções, por exemplo, como detergentes.¹⁰ Com relação à flutuação do clip, o que você esperaria que acontecesse se gotejasse detergente sobre o líquido em que o clip estava flutuando? Justifique. **Resposta:** Como o detergente diminui a tensão superficial, o clip deverá afundar com a adição de detergente, pois seu peso conseguirá romper a tensão superficial.⁵

➤

➤ **Pergunta:** Com relação à questão anterior, quando se forma uma gota de água sobre a moeda (sem transbordar), o que aconteceria se gotejássemos detergente sobre essa gota? Justifique.

Resposta: Analogamente, a gota deve transbordar com a adição de detergente, pois diminuirá a tensão superficial do líquido, tornando a gota menos estável. Ou seja, com menor tensão superficial, diminuem as forças atrativas que tendem a manter a gota unida.

➤ **Pergunta:** A molhabilidade das tintas é um parâmetro fundamental a ser controlado. Indique os problemas que podem ocorrer se uma tinta tiver tensão superficial muito alta ou muito baixa, para aplicações na pintura de uma superfície.

Resposta: Uma tinta com tensão superficial muito alta terá pouca molhabilidade e irá espalhar pouco, levando a manchas ou gotas, na hora da pintura. Por outro lado, uma tinta com baixa tensão

superficial, irá espalhar demais, tendo assim pouco recobrimento. O ideal é controlar a tensão superficial das tintas,¹¹ através da adição de aditivos, para que levem a um “espalhamento” ótimo.¹²

3.3. Tensão superficial em fenômenos do dia a dia: ampliando o conhecimento

Dentro da metodologia da experimentação problematizadora, após a realização dos experimentos, o professor pode retomar a questão inicial da aula, sobre insetos andarem sobre a água. Os alunos conseguirão facilmente fazer a associação do fenômeno com a tensão superficial.

Nesse ponto, o professor pode aproveitar para discutir esse fato de forma mais aprofundada, instigando a curiosidade do aluno. Muito insetos, como aranhas e formigas, passam a vida inteira sobre a água, se beneficiando desse efeito. Em geral, os insetos são leves e têm o peso distribuído por longas patas, e assim não conseguem romper a barreira da tensão superficial, o que permite que andem sobre a água sem afundar. Essa capacidade foi uma adaptação evolucionária necessária e auxilia a evitar predadores.^{4b}

A baixa molhabilidade dos insetos pela água, devido ao caráter hidrofóbico de sua superfície, é outro fator importante na adaptação dessas espécies ao meio aquático. Na verdade, existem insetos, como lagartas, que expelem um líquido não tóxico, mas com propriedades tensoativas, que diminui a tensão superficial. Quando em contato com um predador (*e.g.* formigas) esse líquido de menor tensão superficial consegue “molhar” o predador, atordoando-o e repelindo o ataque.¹³ Existem muitos biosurfactantes naturais que têm papel importante para diversos micro-organismos.¹⁴

Alguns insetos possuem um sistema de defesa mais avançado, com o qual eles conseguem fugir de um predador, beneficiando-se do efeito Marangoni. Nesse

feito, um objeto flutuante em contato com regiões de diferentes tensões superficiais é impulsionado da região de menor tensão para de maior tensão superficial, levando a um movimento.

A adição de detergente ou álcool à água pode causar essa diferença de tensão superficial numa superfície. Assim, alguns insetos eliminam secreções na superfície da água, diminuindo a tensão nesse ponto e consequentemente impulsionando-se para fugir do predador.¹⁴

Existem experimentos interessantes que ilustram esse efeito, como do barco propulsado na água, através da adição de detergente na parte posterior do barco.¹⁵ Esse efeito não explica porque animais maiores, como lagartos, andam sobre a água, pois a tensão superficial dos líquidos não conseguiria impedir que esses animais afundassem. Nesse caso, o tipo de movimento que esses animais exercem, ao bater vigorosamente, sobre a água explica o fato.^{4b}

4. Conclusão

É consenso que os conceitos fundamentais de tensão superficial são importantes e sua assimilação pelos alunos pode ser melhorada quando se associa a teoria com experimentos. Este artigo descreveu um roteiro para a confecção de kits reutilizáveis, contendo materiais de baixo custo e de fácil acesso para execução de experimentos sobre a tensão superficial em líquidos.

A inovação nessa proposta é que o roteiro pode ser realizado em qualquer sala de aula, ou seja, não requer infraestrutura de laboratório, logo é indicada para disciplinas teóricas que envolvem o tema de tensão superficial.

Assim, com o roteiro proposto, inspirado na experimentação problematizadora, o aluno consegue associar visualmente as consequências da tensão superficial e

constrói o conhecimento juntamente com o professor. Essa abordagem melhora substancialmente o aproveitamento do aluno na disciplina.

Vale ressaltar que o experimento aumentou o interesse do aluno pelo tema, permitindo o seu aprofundamento nas aulas posteriores. O uso de experimentos simples nas aulas teóricas torna o estudante mais seguro para disciplinas futuras, como por exemplo, aulas práticas, onde realizará experimentos mais elaborados.

Dessa forma, o presente trabalho contribui significativamente para a área de ensino de graduação, especialmente envolvendo o tema tensão superficial, e suscita uma oportunidade para que novos temas possam ser abordados dessa forma: simples, mas aliada à experimentação problematizadora. Devido à sua simplicidade metodológica, essa abordagem também pode ser facilmente adaptado para o ensino médio. Os alunos que participaram dos experimentos, graduandos de Licenciatura em Química, implementaram um roteiro adaptado para ensino médio e relataram sucesso na execução.

Agradecimentos

Universidade Federal do Paraná, CNPq, CAPES e Fundação Araucária.

Referências Bibliográficas

¹ Galiazzi, M. D. C.; Goncalves, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova* **2004**, *27*, 326. [CrossRef]

² Francisco Jr., W. E.; Ferreira, L. H.; Hartwig, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. *Química Nova na Escola* **2008**, *34*. [CrossRef]

³ Goncalves, F. P.; Marques, C. A. A problematização das atividades

experimentais na educação superior em química: uma pesquisa com produções textuais docentes. *Química Nova* **2011**, *34*, 899. [CrossRef]

⁴ (a) Karbowiak, T.; Debeaufort, F.; Voilley, A. Importance of surface tension characterization for food, pharmaceutical and packaging products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **2006**, *46*, 391; [CrossRef] (b) Bush, J. W. M.; Hu, D. L. Walking on water: biolocomotion at the interface. *Annual Review of Fluid Mechanics* **2006**, *38*, 339; [CrossRef] (c) Veldhuizen, R.; Nag, K.; Orgeig, S.; Possmayer, F. The role of lipids in pulmonary surfactant. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease* **1998**, *1408*, 90. [CrossRef]

⁵ Daltin, D., *Tensoativos: química, propriedades e aplicações*. Blucher: São Paulo, 2011.

⁶ (a) 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* **2004**, *27*, 492; [CrossRef] (b) Teixeira Neto, É.; Malta, M. M.; Santos, R. G. D. Medidas de tensão superficial pelo método de contagem de gotas: descrição do método e experimentos com tensoativos não-iônicos etoxilados. *Química Nova* **2009**, *32*, 223; [CrossRef] (c) Harkins, W. D.; Brown, F. E. The determination of surface tension (free surface energy), and the weight of falling drops: the surface tension of water and benzene by the capillary height method. *Journal of the American Chemical Society* **1919**, *41*, 499. [CrossRef]

⁷ Spencer, J. N., New directions in teaching chemistry: a philosophical and pedagogical basis. *Journal of Chemical Education* **1999**, *76*, 566. [CrossRef]

⁸ Amaral, L. R.; Braibante, M. E. F.; Pazinato, M. S.; Miranda, A. C.; Kraisig, A. R. O tema água como foco das atividades desenvolvidas pelo PIBID Química-UFSM. Resumos da 36ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia, Brasil, 2013. [Link]

⁹ Boucher, E. A.; Evans, M. J. B. Pendant drop profiles and related capillary phenomena. *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences* **1975**, *346*, 349. [CrossRef]

¹⁰ Adamson, A. W.; Gast, A. P. *Physical Chemistry of Surfaces*. A Wiley-Interscience Publication: New York, 1997.

¹¹ (a) Abbasian, A.; Ghaffarian, S. R.; Mohammadi, N.; Khosroshahi, M. R.; Fathollahi, M. Study on different planforms of paint's solvents and the effect of surfactants (on them). *Progress in Organic Coatings* **2004**, *49*, 229; [CrossRef] (b) Osterhold, M.; Armbruster, K. Correlation between surface tension and physical paint properties. *Progress in Organic Coatings* **1998**, *33*, 197. [CrossRef]

¹² Bonifácio, R. N.; Linardi, M. Desenvolvimento de processo de produção de conjuntos eletrodo-membrana-eletrodo para células a combustível baseadas no uso de membrana polimérica condutora de prótons (PEMFC) por impressão a tela. *Química Nova* **2011**, *34*, 96. [CrossRef]

¹³ Rostas, M.; Blassmann, K. Insects had it first: surfactants as a defence against predators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **2009**, *276*, 633. [CrossRef]

¹⁴ Nitschke, M.; Pastore, G. M. Biosurfactants: properties and applications. *Química Nova* **2002**, *25*, 772. [CrossRef]

¹⁵ Lauga, E.; Davis, A. M. J. Viscous Marangoni propulsion. *Journal of Fluid Mechanics* **2012**, *705*, 120. [CrossRef]