



Proposta didática para o Ensino Médio sobre conceitos de hidrofiliabilidade e hidrofobicidade através da medida do ângulo de contato

Isaac A. Rodrigues¹ (IC)*, Larissa L. Fernandes¹ (IC), Chádia L. S. Rodrigues Rosa¹ (IC),
Jacqueline Arguello Da Silva¹ (PQ), Vladimir Lavayen¹ (PQ).
isaacandriewrodrigues@gmail.com.

¹Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Palavras-Chave: Ensino de ciências, materiais didáticos.

Área Temática: Materiais Didáticos e TICs

RESUMO: A interação entre a água e as superfícies é usada em laboratórios para estudar propriedades dos materiais, como tensão interfacial. Trata-se de fenômenos facilmente observáveis em nosso dia-dia. A conexão de fenômenos científicos fundamentais com observações cotidianas permite ao estudante transpor o conhecimento para fora da sala de aula ou do laboratório. Também é uma forma de destacar a importância e relevância da ciência para a população. Na indústria e em laboratórios de pesquisa são utilizados goniômetros para verificação das tensões entre um líquido (água) e uma superfície qualquer através da medida do ângulo de contato. Esse é um equipamento sofisticado e caro para o âmbito escolar. Por isso, apresentamos uma configuração caseira para estimar o ângulo de contato a partir de materiais acessíveis (caixa de sucos ou leite). Além disso, será destacada a diferença entre os conceitos de hidrofobicidade e hidrofiliabilidade.

INTRODUÇÃO

O termo “hidrófobo” vem do grego “hydróphobos” que significa ter medo ou horror da água. Assim, superfícies hidrofóbicas são aquelas que apresentam a propriedade de repelir a água, enquanto superfícies hidrofílicas são aquelas que apresentam afinidade com a água. A distribuição assimétrica das cargas na molécula da água, isto é, um átomo de oxigênio parcialmente negativo e dois átomos de hidrogênio parcialmente positivos, explica seu comportamento polar, e sua capacidade de dissolver substâncias igualmente polares. O que prevalece são interações do tipo Van Der Waals e ligações de hidrogênio, logo substâncias hidrofílicas interagem com a água por meio de ligações de hidrogênio e são facilmente dispersas ou dissolvidas nela (DONALDSON et al., 2015). Em contrapartida, uma substância apolar não apresenta afinidade com a água. A famosa regra “semelhante dissolve semelhante”, é frequentemente utilizada no ensino sobre solubilidade e miscibilidade. O inverso desta regra, que solutos apolares são insolúveis em solventes polares, é frequentemente reconhecido como efeito hidrofóbico. Este efeito constitui a

base para muitos fenômenos químicos importantes tais como a ação de limpeza de sabões e detergentes, a formação de membranas biológicas, estabilização de estruturas de proteínas. Além disso, existem vários produtos de uso doméstico que apresentam propriedades hidrofóbicas tais como o teflon que reveste panelas e frigideiras, protetores solares resistentes à água, tecidos que receberam um tratamento a fim de torná-los repelentes as gotas de água, para sua utilização em guarda-chuvas, vestiários, bolsas, estofados, entre outros; são todos baseados em grande parte na hidrofobicidade de grupos apolares (DONALDSON, 2015).

A maioria das superfícies podem ser categorizadas em hidrofílicas ou hidrofóbicas, que diz respeito à sua molhabilidade (CROWE et al., 2021). Os testes de molhabilidade na prática são realizados depositando uma gota do líquido sob a superfície, assim como ilustra a Figura 1. A interação da gota com a superfície sólida pode ser estudada através da medida do ângulo de contato (θ), definido como o ângulo formado entre a superfície de um líquido ao entrar em contato com um sólido.



Figura 1: Imagem de uma gota de água numa folha e a medida do ângulo de contato.

Fonte: AUTORES

O ângulo formado entre a gota do líquido e a superfície é governado pelo equilíbrio das tensões interfaciais entre a gota, a superfície sólida e o meio circundante, conforme descrito pela equação de Young (1) que correlaciona esse equilíbrio trifásico (LAMOUR et al., 2010).

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta \quad (1)$$

Onde, γ_{SV} é a **tensão superficial** do sólido com relação ao meio; γ_{SL} é a **tensão interfacial** entre o sólido e o líquido; γ_{LV} **tensão superficial** do líquido com relação ao meio; e \cos refere-se ao cosseno do ângulo formado na interface sólido líquido (ângulo de contato de Young $\theta\gamma$).

Um ângulo de contato próximo de 0° indica boa molhabilidade do líquido com a superfície do sólido, ou seja, ele se espalha facilmente. Por outro lado, um ângulo

próximo de 180° indica baixa molhabilidade, ou seja, ele não se espalha facilmente e forma gotas isoladas na superfície. Geralmente, superfícies com ângulo de contato menor que 90° são consideradas hidrofílicas, enquanto aquelas com ângulo de contato maior que 90° são hidrofóbicas (Figura 2). Existem ainda as superfícies super-hidrofóbicas, onde o ângulo de contato é maior que 150° (LAMOUR et al., 2010).

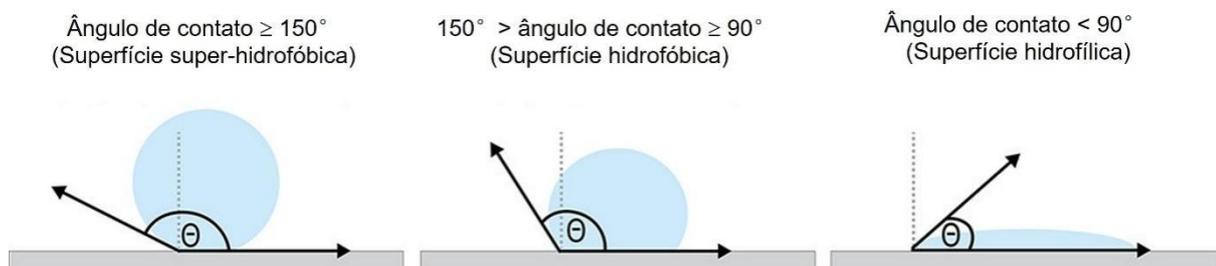


Figura 2: Representação da classificação das superfícies em função do ângulo de contato. FONTE: adaptado de CROWE et al., 2021

O ângulo de contato é influenciado por vários fatores, incluindo a tensão superficial do líquido e do sólido, a rugosidade da superfície do sólido e a interação entre as moléculas do líquido e do sólido. Através da medida do ângulo de contato podem ser feitas diversas previsões sobre a superfície e a sua interação com o líquido, como o ângulo estático, a rugosidade, a textura, o espalhamento, entre outros.

Existem diversas sugestões de atividades para o ensino médio que visam promover a aprendizagem ativa e contextual dos conteúdos de ciências. Baseando-se em KRASILCHIK (2000) o ensino de disciplinas atualmente denominadas como ciências exatas já tinha como função desenvolver o espírito crítico através de métodos científicos. Onde, o estudante seria instruído a tomar decisões com base em informações e dados, construindo assim um pensamento lógico. No entanto, a oferta de atividades nas escolas deve ser adaptada às necessidades e características dos estudantes, proporcionando uma experiência enriquecedora e motivadora. De acordo com a tradução de LEFA et al. (2014, p 1) apud Piaget (1983),

Uma implicação importante da teoria de Piaget (1983) é a adaptação da instrução ao desenvolvimento conforme o nível de aluno. O conteúdo da instrução precisa ser consistente com o nível de desenvolvimento. O papel do professor é facilitar a aprendizagem, proporcionando uma variedade de experiências. O professor deve, obviamente, fornecer oportunidades para que os alunos explorem e experimentem, ao fazê-lo, está encorajando novos entendimentos do aluno.

Este trabalho teve como objetivo apresentar o material didático desenvolvido e validado para o uso em aulas experimentais sobre hidrofiliicidade, bem como o seu

processo de construção, materiais necessários e funcionamento. A atividade visa proporcionar aos estudantes a oportunidade de desenvolver habilidades como a observação, formulação de hipóteses, experimentação, análise de dados e pensamento crítico. A proposta busca incentivar a autonomia dos estudantes para que se envolvam com a investigação científica de forma autêntica, criando espaço para que possam planejar e conduzir experimentos, analisar resultados e finalmente tirar conclusões.

METODOLOGIA

CONSTRUÇÃO DO APARATO DE MEDIDA DO ÂNGULO DE CONTATO

Como os equipamentos específicos para medida de ângulo de contato apresentam custo elevado, estruturou-se o projeto para que este fosse simples e acessível, utilizando materiais recicláveis e requerendo apenas de habilidades manuais. Os materiais necessários para construção são caixas de suco ou leite, folhas de papel vegetal, caneta permanente ou canetinha, tesoura, estilete, régua, transferidor, fita durex, fita crepe e fita isolante.

Inicialmente higieniza-se o interior das caixas com água, para remover resquícios de líquidos indesejáveis. A caixa servirá como suporte, no qual se realizam marcações com caneta permanente para sinalizar os recortes. Recomenda-se recortar primeiro a parte superior, pois oferece apoio e reduz as chances de amassar a caixa, como a tampa também é utilizada, não deve ser descartada. Após recortar a região circular marcada com caneta, coloca-se a parte da tampa, encaixando de dentro para fora, assim a tampa fica fixada na caixa e permite ser fechada quando desejado como mostrado na Figura 3.

Na folha de papel vegetal desenha-se um transferidor, que será fixado com fita adesiva na parte da caixa onde ficava originalmente a tampa como pode ser observado na Figura 4. Com auxílio de um estilete realiza-se dois cortes nas laterais da caixa, onde será transpassado uma tira de aproximadamente 1 cm de largura por 15 cm de comprimento, onde será depositada a gota com o auxílio de um conta-gotas ou uma seringa através do orifício. A marcação retangular localizada na extremidade inferior é destinada ao aparelho celular, como apresentado na Figura 4. Para realizar as medições é necessário ligar a lanterna do celular, a luz irá criar uma sombra da gota, tornando possível estimar o ângulo de contato no papel vegetal.



Figura 3: Sequência de fotos mostrando as marcações e cortes da caixa de suco ou leite. Fonte: AUTORES.



Figura 4: Demonstração do líquido sendo depositado na superfície e leitura do ângulo de contato. Fonte: AUTORES.

Sugere-se que os testes sejam realizados com tiras modificadas com diferentes tipos de fitas (crepe, isolante), e diferentes líquidos tais como o óleo e a água para fins comparativos.

Validação dos Dados

Para validar os dados obtidos com a caixa montada, foram realizadas medidas do ângulo de contato utilizando o aplicativo *Angulus* e o software *ImageJ*. As imagens das gotas nas diferentes superfícies foram registradas com a câmera do celular, e foram traçadas as retas que determinam o ângulo de contato. As medidas tomadas na caixa foram então comparadas com as obtidas pelo aplicativo e pelo *software*. Todas as medidas foram tomadas em triplicata.

Resultados

Na Tabela 1 são apresentados os dados obtidos utilizando a caixa, o aplicativo *Angulus* e o software *ImageJ*.

Tabela 1: Ângulos medidos na caixa, *Angulus* e *ImageJ*.

Líquido	Óleo			Água								
	Tipo de modificação			Tipo de modificação								
	Fita crepe			Fita isolante			Fita crepe			Fita isolante		
	Ângulo (ºgraus)											
Caixa	30	30	30	40	40	40	40	40	40	60	60	60
Angulus	32	33	35	56	56	41	49	58	47	60	64	63
ImageJ	32	35	38	77	54	43	49	59	47	62	66	69

Pode ser observado que de forma geral os resultados obtidos apresentam valores semelhantes para os ângulos medidos. A caixa apresenta uma menor precisão de medida quando comparada com o aplicativo *Angulus* ou com o *software ImageJ*. Atribui-se essa limitação a dois fatores principais, a projeção da sombra e o fator humano na medida. O primeiro se dá, pois, a iluminação ambiente pode afetar a visualização da sombra, dificultando assim a tomada do ângulo. Já o segundo está atrelado a quem está realizando a medida, por se tratar de um equipamento manual e dependente da percepção está sujeito a implementação de pequenos erros.

Como pode ser observado na Figura 5, para a fita isolante e água, e a fita crepe e óleo os valores são próximos, indicando que a proposta da caixa para medida

do ângulo de contato é confiável, podendo certamente ser aprimorado para obter valores mais exatos, reduzindo a possibilidade de erros.

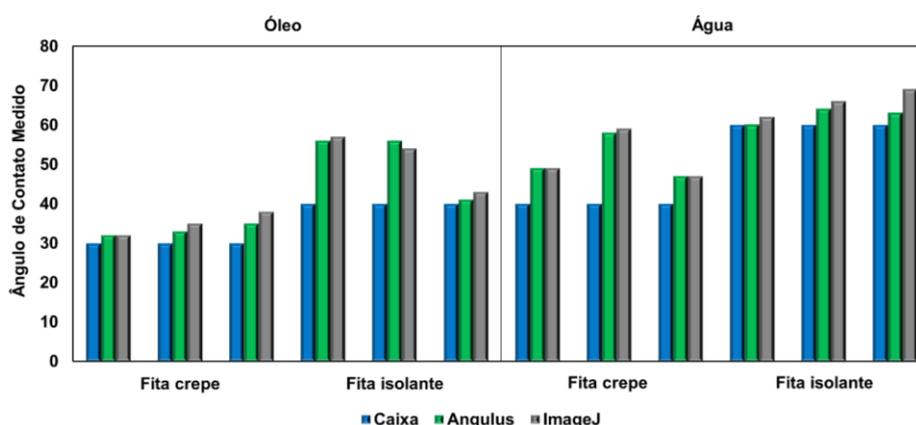


Figura 5: Gráfico comparativo das medidas dos ângulos de contato.

Fonte: AUTORES.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Bueno et al. (2008) a ciência se trata de uma troca irreduzível entre o experimento e a teoria, sendo impossível e indesejável a sua separação. De tal forma que o ensino puramente teórico ou puramente prático, se torna irrelevante à formação do estudante como indivíduo e terá uma contribuição ínfima ao seu desenvolvimento cognitivo. A aplicação prática serve como a ponte que conecta os fenômenos observáveis que ocorrem na natureza, nos laboratórios e indústrias, com a explicação teórica de tais fenômenos, diminuindo assim a enorme distância que existe entre o cotidiano e o mundo das ciências.

A prática educativa deve envolver mecanismos em que os estudantes possam aprender e refletir sobre a importância do conhecimento adquirido, e sua implicância no seu dia-dia e no desenvolvimento da sociedade como um todo. É importante motivá-los a se tornarem sujeitos críticos e reflexivos, a levantarem questionamentos sobre o tópico estudado, a propor ideias e soluções a partir de suas próprias experiências. No entanto, o emprego de atividades experimentais está sujeito a uma gama de fatores restritivos, como as instalações das escolas, o custo dos materiais e se a temática abordada é relevante e/ou se faz presente no cotidiano do estudante.

Os conceitos de hidrofobicidade e hidrofiliabilidade podem ser estudados através de experimentos simples e exemplos práticos podendo ser adequado à diferentes realidades educacionais, além de estarem amplamente presentes em fenômenos do dia a dia. O medidor construído se demonstra como uma solução viável

devido ao seu baixo custo e a disponibilidade dos materiais necessários para construí-lo, bem como a simplicidade para o seu uso, podendo ser realizada dentro de sala de aula dispensando a necessidade de instalações específicas. Não somente isto, mas a ferramenta apresenta caráter multidisciplinar empregando conhecimentos da área de matemática e física, outrossim a atividade envolve também tecnologias que podem ser acessadas até mesmo de um smartphone, que é um aparelho comum entre os jovens, mostrando as infinitas possibilidades que carregam com eles.

Contemplar situações reais e levantar questionamentos sobre os fenômenos observados é uma forma de promover a troca de experiências e informações entre os estudantes. A dinâmica envolve uma sequência didática que permite explorar, argumentar e repassar o conhecimento aos demais colegas, permitindo que conceitos introduzidos pelo professor possam ser validados por meio de exemplos práticos e que façam parte do cotidiano do estudante, de forma que o sujeito é desafiado a explorar, argumentar e repassar o conhecimento aos demais colegas. Elevando o estudante de uma posição de receptor passivo para à de agente ativo na construção do conhecimento.

Note que em todo o texto foi utilizado o termo “estudante” ao invés de “aluno”, pois se espera uma participação ativa e investigativa por parte dos indivíduos.

REFERÊNCIAS

BUENO, Lígia et al. O ensino de química por meio de atividades experimentais: a realidade do ensino nas escolas. **Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” Faculdade De Ciências E Tecnologia, Presidente Prudente**, p. 34, 2008.

CROWE, Charles D. et al. Designing and 3D printing an improved method of measuring contact angle in the middle school classroom. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 6, p. 1997-2004, 2021.

DONALDSON JR, Stephen H. et al. Developing a general interaction potential for hydrophobic and hydrophilic interactions. **Langmuir**, v. 31, n. 7, p. 2051-2064, 2015.

KRASILCHIK, Myriam. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, p. 85-93, 2000.

LAMOUR, G. et al. Contact Angle Measurements Using a Simplified Experimental Setup. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 12, p. 1403–1407, 2010.

LEFA, Baken. The Piaget theory of cognitive development: an educational implications. **Educational psychology**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2014.



RASBAND, WS, ImageJ, Institutos Nacionais de Saúde dos EUA, Bethesda, Maryland, EUA, <https://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2018

Softonic review- **Angulus: Measure Angles on Images/Videos.**