

Uma visão multi e interdisciplinar a partir da prática de saponificação

Roger Borges, Kamila Colombo, Tiago Favero e João H. Borges

O presente trabalho propõe uma análise multi e interdisciplinar entre Química, Biologia, Estatística e Matemática, por meio de questionamentos norteadores da prática de saponificação. Neste artigo, ressalta-se o papel fundamental da experimentação embasada em conhecimentos teóricos, e orientada para seu maior aproveitamento e abrangência dos potenciais temas de estudos das diversas áreas de ensino, direta e indiretamente ligados ao fenômeno observado. Além disso, os materiais e procedimentos experimentais podem ser adequados às diversas realidades de instituições de ensino no país, e vinculados ao cotidiano dos estudantes, levando em consideração seus conhecimentos prévios, para que então o indivíduo utilize o conhecimento científico para se integrar à sociedade por meio do desenvolvimento prático e investigação norteada pelo professor sempre associada ao desenvolvimento teórico.

► questionamentos norteadores, multi e interdisciplinaridade, experimentação ◀

Recebido em 8/07/2020, aceito em 20/10/2020

A concepção de que a experimentação é uma ferramenta essencial nas aulas de Química e outras ciências, seja no nível básico ou superior, já é algo consolidado na educação (Leite, 2018) tanto para professores quanto para estudantes (Lisbôa, 2015; Gonçalves e Marques, 2016).

No entanto, atividades de laboratório desvinculadas de qualquer estudo teórico e questionamentos norteadores tendem a não instigar o caráter investigativo nos estudantes (Gaspar e Monteiro, 2005). Uma das propostas para garantir o bom aproveitamento no processo ensino-aprendizagem pautado na experimentação é a que conduz a situações reais, intimamente ligadas ao cotidiano e a conhecimentos prévios dos estudantes (Silva *et al.*, 2018; Marcos-Merino *et al.*, 2019; Silva e Soares, 2013; Leite, 2018). Contudo, é fundamental a problematização para contextualização do estudo, fazendo com que os estudantes comparem os conhecimentos já

[...] é fundamental a problematização para contextualização do estudo, fazendo com que os estudantes comparem os conhecimentos já adquiridos com os novos, sustentados pela discussão teórica e proporcionando desta maneira uma aprendizagem efetiva (Caamaño, 2018).

adquiridos com os novos, sustentados pela discussão teórica e proporcionando desta maneira uma aprendizagem efetiva (Caamaño, 2018). Essas questões podem se inserir antes ou depois da atividade prática, reportada como experimentação ilustrativa ou investigativa, respectivamente (Silva *et al.*, 2015).

Uma das possibilidades de experimentação problematizadora é a utilização de resíduos da indústria que possam ser reciclados ou utilizados como reagentes na produção de novos produtos (Genovese *et al.*, 2020). A especial preocupação envolvendo os resíduos se deve ao fato que eles são produzidos em larga escala pelo ser humano, tornando-se um importante tema de discussão na atualidade dentro do âmbito multi e interdisciplinar. Almeja-se encontrar e aplicar as formas de reutilização, reciclagem e descarte mais adequadas para os resíduos, visando menor impacto ao ambiente (Silva e Puget, 2010). Por exemplo, os óleos vegetais, provenientes dos processos de frituras dos alimentos, podem transformar-se em grandes vilões caso seu descarte seja feito de maneira inadequada, ou importantes matérias-primas se reutilizados em outros processos de produção (Mello *et al.*, 2019; Eilks, 2002). No contexto

A seção "Experimentação no Ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.



dessa problemática surgem as potencialidades de um dado experimento realizado ser vinculado aos temas de estudo de outras áreas e disciplinas, desenvolvendo preferencialmente o estudo interdisciplinar, além de uma verificação multidisciplinar.

O presente estudo se baseia no desenvolvimento da experimentação pela prática de saponificação como ferramenta facilitadora do desenvolvimento multi e interdisciplinar em diferentes áreas de estudo que estão diretamente ligadas, ou podem potencialmente ser vinculadas ao experimento proposto. Tal desenvolvimento requer alguns questionamentos orientadores do estudo, a fim de que a prática realizada não se limite a observações pontuais no laboratório, mas instigue o estudante a buscar responder o que foi observado na prática e ir além, buscando a contextualização dos aspectos abordados (Galiuzzi e Gonçalves, 2004).

Vale ressaltar que a proposta desse artigo também se fundamenta em documentos legais. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM e PCN+) deixam clara a importância da articulação entre áreas do conhecimento e da harmonização entre teoria e prática. Destaca-se também a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), que cita o papel fundamental das práticas de investigação e experimentação, e como estas podem conduzir o aluno a formular hipóteses acerca dos problemas, elaborar argumentos e explicações para os fenômenos, usando a linguagem científica (Brasil, 2018).

Nesse contexto, Souza e Fernandes-Sobrinho (2018) destacam que o alinhamento do ensino com a BNCC deve ser pautado principalmente em questões socioeconômicas, interdisciplinaridade e argumentação. Silva e Pataca (2017) discorrem que a BNCC vem sendo discutida com avanços e retrocessos, ressaltando a importância do ensino de Química numa perspectiva sócio-histórica. Os autores propõem atividades de debates nas quais a argumentação possui papel formativo. Queiroz *et al.* (2016) corroboram a relevância da argumentação na formação científica dos alunos e a utilização de tais argumentos como base na tomada de decisões diante de questões sociocientíficas.

Com base nisso, e sabendo que a grande área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é intrinsecamente interdisciplinar, a proposição deste artigo entra em consonância com a BNCC, contemplando pelo menos duas habilidades específicas vinculadas ao texto original, conforme códigos EM13CNT205 e EM13CNT301 (Brasil, 2018). As especificações também podem ser encontradas no site do Ministério da Educação (MEC)¹.

Assim sendo, neste trabalho é apresentado um roteiro experimental para a reação de saponificação, e uma proposta metodológica baseada em questionamentos norteadores

para o desenvolvimento multi e interdisciplinar da Química, Biologia, Estatística e Matemática.

Proposta metodológica

A proposta metodológica baseia-se na experimentação para o desenvolvimento de temas de Química, Biologia, Estatística e Matemática, não limitando as possibilidades de vinculação no âmbito de outras áreas.

Com o desenvolvimento do procedimento experimental, o estudante é instigado pelos fenômenos observados, que são vinculados aos temas de estudo abordados nas disciplinas de Química. Isso torna o aprendizado uma situação concreta, fazendo com que temas de estudo muitas vezes complexos, como mecanismos de reações orgânicas, encontrem uma aplicação direta na vida acadêmica e social dos estudantes.

Em outro momento, prévio ou posterior ao experimento, os estudantes são convidados a refletir sobre o fenômeno visto ou a ser evidenciado, possibilitando uma visão além da prática de laboratório. Isso pode ser norteado por questionamentos multi e interdisciplinares que estão direta ou indiretamente vinculados à prática de saponificação.

O desenvolvimento experimental

No desenvolvimento do procedimento experimental a prática é essencialmente baseada em materiais e reagentes que muitas vezes podem ser encontrados ou adaptados para o cotidiano dos estudantes. Todavia, para aumentar o caráter científico, algumas vidrarias e equipamentos de laboratório foram utilizados, sendo igualmente importante dentro da formação acadêmica dos estudantes, ou seja, saber utilizar e manipular vidrarias e equipamentos básicos e cuidados em um laboratório.

O presente estudo se baseia no desenvolvimento da experimentação pela prática de saponificação como ferramenta facilitadora do desenvolvimento multi e interdisciplinar em diferentes áreas de estudo que estão diretamente ligadas, ou podem potencialmente ser vinculadas ao experimento proposto.

Roteiro da prática

Materiais:

- 1 balde de plástico (onde são misturados os reagentes).
- 1 vidro de relógio (para pesar a soda cáustica (NaOH)).
- 1 bastão de plástico ou colher de madeira (para agitar a mistura).
- 1 proveta de 1000 mL (usada para medir volumes dos reagentes).
- 1 caixa de leite UHT vazia – embalagem Tetra Pak® (onde é enformado o sabão para maturar).

Reagentes:

- 1000 mL de óleo vegetal usado e filtrado.
- 200 g de soda cáustica (NaOH).
- 50 mL de desinfetante comercial aromatizado.
- 400 mL de água destilada.

Equipamentos:

- Balança analítica.

- Capela de exaustão.

Procedimento:

- Medir 400 mL de água destilada e separar.
- Medir 1000 mL de óleo e separar.
- Pesar 200 g de soda cáustica (NaOH) e inserir no balde de plástico (1), em seguida adicionar (em capela de exaustão) 400 mL de água destilada (2) (**CUIDADO! HÁ GRANDE LIBERAÇÃO DE CALOR!**). Com ajuda do bastão de plástico dissolver com cuidado todo o conteúdo de NaOH (3).
- Adicionar 1000 mL de óleo vegetal à solução de NaOH preparada (4), lentamente e sob agitação constante por pelo menos 30 minutos (5).
- Adicionar 40 mL de desinfetante aromatizado, agitando novamente (6).
- Despejar a mistura preparada em embalagens Tetra Pak recicladas (caixas de leite, por exemplo) (7).

Após sete dias o sabão já sólido é desenformado e cortado em pedaços menores, seguindo por mais quatro dias em maturação. Depois disso, o sabão produzido pode ser embalado em jornais antigos. A etapa de maturação é fundamental para garantir que toda a soda cáustica reaja com o óleo produzindo o sabão de boa qualidade e com pH de acordo com a legislação referente ao produto.

Abordagens teórico-experimentais que podem ser exploradas a partir do experimento

Além do desenvolvimento da prática, alguns questionamentos são essenciais para direcionar a interpretação do experimento e a relação com temas de estudo de Química e outras áreas de estudo como a Biologia, Matemática, Estatística, etc. Esses questionamentos podem ser feitos na forma de relatórios, avaliações, seminários, ou mesmo discussões em grupos, neste último caso possibilitando maior troca de informações para a construção do conhecimento. Alguns questionamentos são sugeridos a seguir:

Em Química

1. Qual é a estequiometria da reação de saponificação? Qual o reagente limitante e em excesso de acordo com a prática desenvolvida?
2. Explique por que a preparação da solução de soda cáustica libera calor? Como ele é utilizado na reação?
3. Qual o mecanismo reacional da primeira etapa da reação de saponificação?
4. Quais as funções dos óleos de cozinha e da soda cáustica na reação de produção de sabão (substrato ou nucleófilo)?

Em Química e Biologia

Em muitos aspectos o estudo da Biologia se relaciona com o estudo da Química, principalmente quando envolve a Química Ambiental. Essa é uma importante abordagem que possibilita instigar o interesse e a compreensão de mundo não só de estudantes que possuem afinidade com as Ciências da Natureza, destacando a importância da inter-relação das ciências como um conhecimento interdependente. Para promover a interdisciplinaridade entre essas duas ciências, alguns questionamentos são sugeridos a seguir:

1. Por que o sabão é um bom produto de limpeza? Relacione a resposta com a polaridade das moléculas (formação de micelas).
2. Compare as características dos sabões comuns ou detergentes líquidos e dos sabões biodegradáveis.
3. É verdade que o sabão é bom quando faz muita espuma? Quais as consequências ambientais do acúmulo de espuma e óleo em rios, por exemplo?
4. Qual a destinação final adequada para os óleos de cozinha? Por quê?

Em Estatística e Matemática

Outra potencial aplicação de práticas de laboratório de Química de um modo geral, que infelizmente ainda não é muito explorada, se insere nos temas de estudo de Estatística e Matemática. Para esse desenvolvimento, o levantamento de

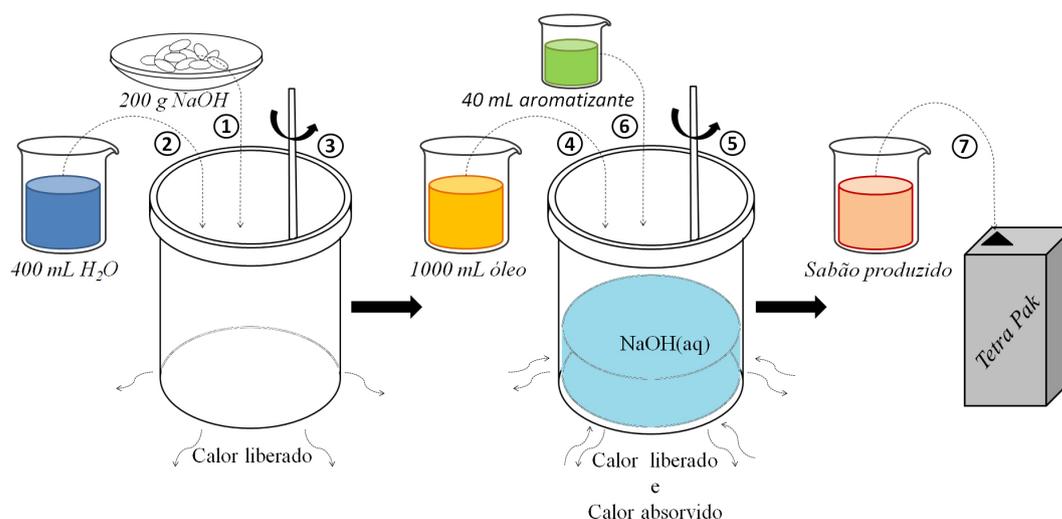


Figura 1: Esquema ilustrativo das etapas do procedimento experimental. (Os béqueres utilizados na Figura 1 foram editados a partir de um modelo da Servier Medical Art, licenciados sob uma Licença não portada Creative Commons Attribution 3.0 [https://smart.servier.com]).

custos da produção e comparação com valores comerciais do produto (sabão em barra) pode ser uma estratégia eficiente para a projeção de estimativas de lucros de produção. Além da aplicação de regras de três, proporcionalidade, cálculos envolvendo média aritmética e desvio padrão, etc. Alguns questionamentos são sugeridos a seguir:

1. O que são variáveis direta e inversamente proporcionais? Cite quais poderiam ser essas variáveis na reação do experimento.
2. Pesquise em estabelecimentos comerciais os preços de, no mínimo, três marcas comerciais de sabão de soda cáustica em barra e anote em uma tabela. Em seguida, utilizando regra de três converta esses valores para cada quilograma de sabão. Calcule a média aritmética e o desvio padrão dos valores coletados.
3. Pesquise em estabelecimentos comerciais os preços de, no mínimo, três marcas comerciais de todos os reagentes utilizados no experimento e anote em uma tabela. Em seguida, calcule a média aritmética, desvio padrão e o total dos valores coletados.
4. Compare os custos de produção com os valores do produto comercial e monte gráficos ou curvas de projeção da estimativa de lucros de produção (desconsiderando a aplicação de impostos).

Aplicação do desenvolvimento experimental

A prática proposta foi desenvolvida com estudantes do curso Técnico em Alimentos do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – Campus São Miguel do Oeste. Após uma semana, o sabão biodegradável produzido pelos estudantes foi desinformado, cortado, testado e finalmente embalado. A Figura 2 mostra algumas imagens das etapas finais do produto obtido.

Pelo teste qualitativo dos estudantes quanto à eficiência na limpeza e produção de espuma, de modo geral, houve boa aceitabilidade. Após a embalagem do sabão, as equipes concordaram em doar as barras de sabão produzidas para caridade.

A aplicação das abordagens teórico-experimentais multi e interdisciplinares

Aplicação em Química

1. Qual é a estequiometria da reação de saponificação?



Figura 2: Imagens do processo de desinforme e embalagem do sabão produzido na prática.

Qual o reagente limitante e em excesso de acordo com a prática desenvolvida?

Para responder ao primeiro questionamento proposto, os estudantes podem desenvolver o estudo de estequiometria de reações químicas. Dada toda a complexidade envolvida na composição do óleo de cozinha utilizado como matéria-prima na produção do sabão, para facilitar os cálculos estequiométricos é comum retratar a reação química de saponificação de forma genérica, em que os três grupos funcionais R^1 , R^2 e R^3 correspondentes aos ácidos graxos formadores do triglicerídeo reagem, cada um deles, com um mol de base (totalizando três mols de NaOH) (Silva e Puget, 2010).

Entretanto, com uma análise mais aprofundada o estudante irá verificar que a estequiometria das reações é dependente do grau de pureza dos reagentes e suas composições centesimais. Além disso, o óleo de soja possui originalmente variação na sua composição química. Estima-se um conteúdo de 9,9-17,9% de gorduras saturadas e aproximadamente 84,0% de compostos insaturados, principalmente os derivados do ácido linoleico (polinsaturado) (49,7-56,9%) e oleico (monoinsaturado) (17,0-26,0%) (Jorge *et al.*, 2005; Machado *et al.*, 2008).

Outra investigação importante se relaciona às mudanças químicas e estruturais, pois o óleo, originalmente glicerídeo do ácido linoleico, após a fritura passa por mudanças no perfil centesimal, aumentando significativamente a quantidade de ácidos graxos saturados e monoinsaturados (Lopes *et al.*, 2004; Corsini *et al.*, 2008). Diante dessa alteração é possível representar a reação de saponificação considerando o triglicerídeo do ácido oleico (trioleína), em vez do linoleico, como principal componente do óleo (Figura 3).

Assim, de acordo com a reação, o professor pode orientar os estudantes no desenvolvimento do cálculo estequiométrico, a fim de responder a indagações pertinentes a este tema de estudo. Considerando a massa molar da trioleína, 885,43 g mol⁻¹ e densidade 0,91 g cm⁻³ (Merk, 2020):

885,43 g reagem com ----- 3,00 mol . 40,00 g mol⁻¹ = 120,00 g de NaOH, portanto:

910,00 g (1000,00 cm³ . 0,91 g cm⁻³) ----- m_{NaOH} (g de NaOH)
 $m_{\text{NaOH}} = 123,33 \text{ g de NaOH}$, desconsiderando-se o grau de pureza do NaOH.

Como foram adicionados 200,00 g de NaOH, esse

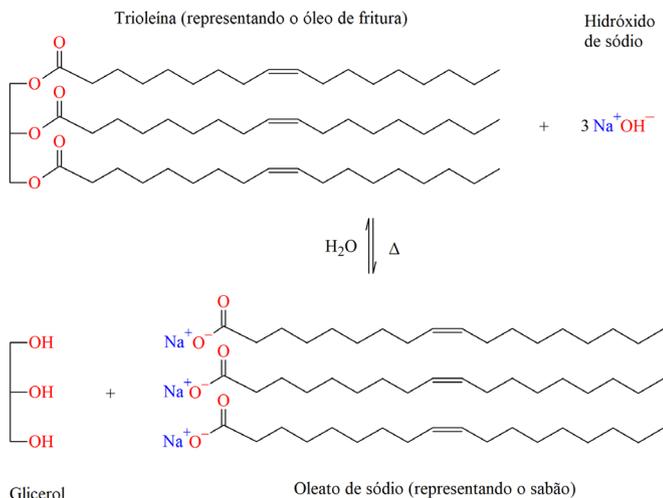


Figura 3: Reação de saponificação considerando a trioleína como principal componente do óleo de soja reutilizado.

reagente está em excesso e, portanto, o óleo é o reagente limitante.

A quantidade em excesso corresponde a:

$$\text{massa}_{\text{inicial}} - \text{massa}_{\text{consumida}} = \text{massa}_{\text{excesso}}$$

$$200,00 - 123,33 = 76,67 \text{ g de NaOH.}$$

Outra maneira de relacionar as quantidades é a partir da massa utilizada de NaOH como referência, chegando-se à mesma conclusão. Quando se trabalha experimentalmente, a partir de uma situação real, os temas de estudo da química se entrelaçam, diferentemente da fragmentação conteudista tradicional. A discussão sobre a estequiometria e o excesso de NaOH podem trazer novos questionamentos como dúvida dos estudantes. Um exemplo seria: qual o fundamento de empregar o reagente em excesso? Nesse caso é possível estudar o equilíbrio químico, pois aumentando a concentração do reagente aquoso (NaOH) o equilíbrio da reação se desloca para a direita no sentido da formação do produto (sabão). Cineticamente, espera-se que, com aumento na concentração dos reagentes, haverá maior probabilidade de colisão efetiva entre as espécies químicas.

2. Explique por que a preparação da solução de soda cáustica libera calor. Como ele é utilizado na reação?

Outro aspecto relevante no estudo da reação de saponificação que pode ser trabalhado com os estudantes envolve a termoquímica. A dissolução do NaOH é um fenômeno tipicamente exotérmico (libera calor), devido à quebra das ligações iônicas em água, que conduzem à redução da energia potencial e aumento da energia cinética (Barros, 2009). Na dissolução do NaOH, a quebra do retículo cristalino do sólido é uma etapa endotérmica, seguida pela solvatação dos íons que é suficientemente exotérmica para resultar na liberação de calor do sistema para as vizinhanças:



Por outro lado, para que a reação de saponificação ocorra é necessário fornecimento de energia ao sistema, dadas as características termodinâmicas de uma saponificação, como para atingir a energia de ativação do processo (Petek e Krajnc, 2012). Essa discussão permite que os estudantes entendam a relação de energia envolvida na reação, pois o calor liberado na dissolução do hidróxido de sódio no preparo da solução é utilizado para favorecer a formação do produto da reação de saponificação. Na prática, muitos processos de fabricação de sabão utilizam aquecimento externo para acelerar o processo. Na sequência, para aprofundar o estudo o professor pode direcionar questionamentos mais detalhados sobre o mecanismo da reação de saponificação, que envolve a hidrólise básica de ésteres.

3. Qual o mecanismo reacional da primeira etapa da reação de saponificação?

A partir do quarto questionamento o foco é voltado para a Química Orgânica, mais especificamente para os mecanismos de reações orgânicas. São temas de estudo geralmente abordados no terceiro ano do Ensino Médio, e em disciplinas de Química Orgânica no Ensino Superior.²

A elucidação completa do mecanismo reacional envolvido nem sempre é uma tarefa fácil, mas isso pode permitir que o estudante desafie a si próprio e busque aplicar o conhecimento teórico estudado para aprofundar e estabelecer uma conexão efetiva com o aprendizado. No questionamento em questão a atenção é voltada para primeira etapa da reação de saponificação, com a intenção de que o estudante seja capaz de identificar o mecanismo da reação, ou seja, substituição nucleofílica bimolecular (SN2), visto que a hidroxila (OH⁻) da soda cáustica (NaOH) interage com o carbono do grupo R-COO-R do óleo, formando um composto intermediário. Em seguida, o intermediário sofre um processo de hidrólise, formando um ácido carboxílico (ácido graxo) e glicerolato de sódio. Por fim, esses dois compostos reagem via reação ácido-base, formando um sal de ácido carboxílico e glicerol, que compõem o sabão (Figura 4) (Kucek, 2004).

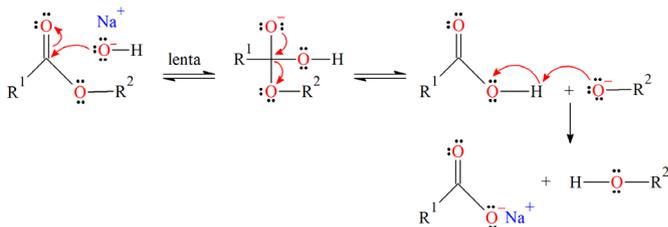


Figura 4: Mecanismo genérico da reação de saponificação.

4. Quais as funções dos óleos de cozinha e da soda cáustica na reação de produção de sabão (substrato ou nucleófilo)?

Depois da análise anterior se torna mais fácil entender qual a função do óleo e da soda cáustica no mecanismo reacional da saponificação. O nucleófilo geralmente é uma espécie neutra ou aniônica que ataca o substrato – no caso dessa reação, é o grupo OH⁻. Por sua vez, o

substrato é a espécie química que sofre o ataque, e geralmente é uma espécie neutra ou catiônica – neste caso é o óleo de cozinha.

Relato dos estudantes: “A soda cáustica reage com óleos e gorduras, convertendo-os em substâncias solúveis e fluidas. Nessa reação, os óleos de cozinha assumem a função de substrato e a soda cáustica a função de nucleófilo”.

“Todo sabão é produzido através de uma reação química, denominada de saponificação. A reação ocorre pela mistura de um ácido graxo presente em óleos e gorduras com uma base forte (NaOH) na presença de água. Os produtos formados são um sal e um álcool. Nessa reação química, o NaOH irá promover a aglutinação e a coagulação dos ingrediente líquidos e terá um papel de removedor das sujidades. O substrato dessa reação é a gordura, pois a partir dele derivam o glicerol e o sabão. O nucleófilo é o OH^- .”

Aplicação em Química e Biologia³

1. Por que o sabão é um bom produto de limpeza? Relacione a resposta com a polaridade das moléculas (formação de micelas).

Nesse questionamento, o estudante utiliza conhecimentos relativos à polaridade das substâncias. O estudo inclui substâncias polares, como a água, que possuem dois polos de cargas opostas, ou seja, uma parte positiva e outra negativa; e também há substâncias apolares, como a sujeira e a gordura, que não apresentam regiões distintas de cargas opostas. Estudando a solubilidade o estudante aprenderá que uma substância polar não tende a se solubilizar em outra apolar, pelo princípio de que “semelhante dissolve semelhante”. Assim, a limpeza unicamente com água não é efetiva, pois ela não irá interagir com a sujeira ou gordura. Neste ponto o sabão desempenha papel crucial, pois é um composto que está “no meio do caminho” entre a água e a sujeira por possuir em suas moléculas uma região de carácter apolar e outra de carácter polar. Com isso, a porção apolar do sabão interage com a sujeira ou gordura, e a porção polar interage com a água, formando pequenas cápsulas de gordura rodeadas por moléculas de sabão que são solúveis na água – essas pequenas cápsulas são chamadas de micelas (Figura 5) (Barbosa e Silva, 1995).

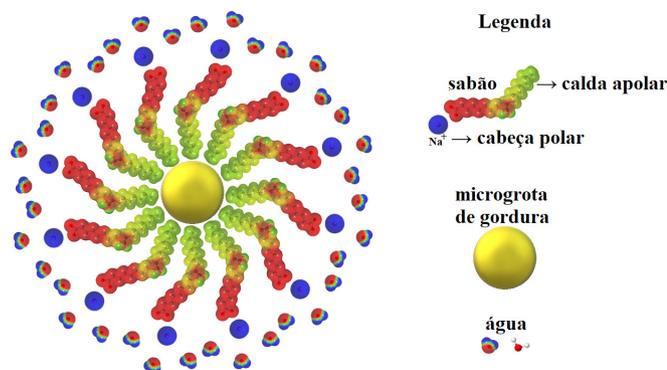


Figura 5: Representação da formação de uma micela em torno de uma gota de óleo.

Um aspecto importante do sabão no âmbito da Biologia e que envolve a Saúde Pública é a higienização pessoal – a qual evita, por exemplo, que a pessoa seja contaminada com um vírus presente na sua pele. Isso ocorre porque, assim como a sujeira e a gordura, a capa de proteção – a “pele” do vírus – tem carácter apolar, ou seja, quando o sabão entra em contato com o vírus faz com que ele seja arrastado pra longe do nosso corpo, ou que sua capa se dissolva, levando a sua inativação (Conover e Gibson, 2016).

2. Compare as características dos sabões comuns ou detergentes líquidos e dos sabões biodegradáveis.

Nesse caso, o estudante precisará entender como se relaciona a degradação do sabão com a atividade dos microrganismos presentes no ambiente. Isso demanda o conhecimento sobre hidrocarbonetos para entender o que é um composto linear e um ramificado, pois esta é a principal relação estrutural com a biodegradabilidade (degradação biológica). Cadeias ramificadas não são reconhecidas pelas enzimas produzidas pelos microrganismos do ambiente e responsáveis pela degradação do sabão. Assim, para ser classificado como biodegradável, o sabão deve possuir cadeia carbônica linear (Osorio e Oliveira, 2000). No Brasil, a legislação exige que os tensoativos comercializados (o que engloba também os sabões) sejam biodegradáveis.

3. É verdade que o sabão é bom quando faz muita espuma?

Quais as consequências ambientais do acúmulo de espuma e óleo em rios, por exemplo?

A partir daqui o questionamento do estudante começa a se aprofundar no contexto socioambiental, ou seja, anteriormente a questão de biodegradabilidade foi discutida, agora o estudante precisa argumentar quanto ao uso desses produtos e o efeito ambiental de seu acúmulo em corpos aquáticos, como rios. Em sua busca, o estudante precisa compreender que a formação de espuma não necessariamente se relaciona com a qualidade do produto, que depende da capacidade de formar micelas com a sujeira ou gordura, como visto no primeiro questionamento. Na realidade, o excesso de espuma apresenta papel negativo tanto do ponto de vista prático, podendo afetar engrenagens de máquinas e tubulações, quanto pelo aspecto ambiental. A camada de espuma acumulada na superfície de ambientes aquáticos compromete a oxigenação adequada da água, levando à morte de animais e plantas desse ecossistema (eCycle, 2020). No caso do óleo, um experimento muito simples pode ser feito em paralelo com o da saponificação: ao misturarmos óleo e água, o óleo, menos denso que a água, ficará na parte superior. Esse comportamento também se observa quando o óleo está presente em rios, lagos, etc., e desse modo gera um efeito muito semelhante ao do acúmulo de espuma em corpos aquáticos.

4. Qual a destinação final adequada para óleos de cozinha? Por quê?

Essa questão propõe ao estudante o autoquestionamento com base em tudo que foi estudado e discutido até então.

Ou seja, a partir de toda a problemática discutida, será que o óleo de cozinha utilizado pode ser descartado no esgoto doméstico ou é preciso ter o devido cuidado e direcioná-lo adequadamente para tratamento ou reaproveitamento?

Nota-se que todo o estudo envolve o caráter ecológico e a percepção dos estudantes da importância em preservar o ambiente, podendo associar essa preservação com desenvolvimento econômico sustentável.

Relato dos estudantes: “O sabão e a água precisam ter uma parceria entre si, para que haja a limpeza da gordura. A água é uma substância polar, ou seja, tem a capacidade de atrair cargas elétricas. O sabão possui em sua molécula a cadeia orgânica apolar com a extremidade polar. A cadeia apolar não tem afinidade com a água e se mistura somente com substância oleosas; a extremidade polar tem afinidade com a água. Durante o processo de limpeza uma partícula de gordura é envolvida por moléculas da parte apolar do sabão que interage com uma camada de água (interação entre a parte polar do sabão e a água), formando então um sistema “água-sabão-gordura” que é chamado de micela; a micela permite que a água remova a gordura. O sabão interage com a água e a gordura unindo os dois, fazendo com que a gordura vá embora junto com a água.”

“As principais características dos sabões comuns e dos sabões biodegradáveis é que sua fórmula geral é alquil-benzeno-sulfonatos. Portanto, suas diferenças são significativas. Os detergentes biodegradáveis apresentam a sua cadeia carbônica diferente das dos sabões comuns. Os detergentes biodegradáveis não possuem ramificações nas cadeias carbônicas e são lineares. Para o detergente não ser biodegradável, é necessário que em sua cadeia haja ramificações. As enzimas presentes na água e produzidas através de microrganismos não conseguem diferenciar cadeias ramificadas; dessa forma, os detergentes não biodegradáveis permanecem na água sem sofrer modificações.”

“Por ser menos denso, o óleo forma uma camada sobre a água, que atrapalha o processo de fotossíntese das algas, mata animais marinhos por asfixia e atrapalha até as aves (o óleo adere a suas penas), além de afetar o ofício dos pescadores.”

“A destinação correta é coar o óleo e armazenar frio em uma garrafa PET ou qualquer outro frasco com tampa e fazer a doação a empresas ou entidades que fazem o reaproveitamento, pois ele pode ser transformado em resina para tintas, sabão, detergente, glicerina, ração para animais, biodiesel, produtos de agropecuária e matéria-prima para fabricação de outros produtos. A destinação incorreta leva à destruição do meio ambiente, como citado anteriormente.”

Aplicação da Estatística e Matemática

1. O que são variáveis ou grandezas direta e inversamente proporcionais? Cite quais poderiam ser essas variáveis na reação do experimento.

A compreensão do conceito de proporcionalidade permite uma primeira interação entre a Matemática e a prática desenvolvida. Primeiramente, o estudante precisa distinguir proporcionalidade direta e inversa. Em Matemática, duas variáveis ou grandezas (x e y) são diretamente proporcionais quando a razão entre elas sempre gera um valor constante; e quando duas variáveis ou grandezas (x e y) geram uma constante pela multiplicação elas são inversamente proporcionais, ou seja:

$$\frac{x}{y} = k \text{ (diretamente proporcional)}$$

$$x \cdot y = k \text{ (inversamente proporcional)}$$

Em outras palavras, se aumentarmos o valor de x e o valor de y também aumentar, serão variáveis diretamente proporcionais. Se aumentarmos o valor de x e o valor de y diminuir, serão variáveis inversamente proporcionais.

Por exemplo, para cada litro de óleo utilizado na reação de saponificação a estimativa é de que 1,4 kg de sabão são gerados; hipoteticamente, ao dobramos a

quantidade de óleo (e também da soda cáustica) observa-se a produção de 2,8 kg de sabão. Aparentemente se trata de variáveis diretamente proporcionais, mas podemos confirmar pelos cálculos propostos anteriormente, considerando x = volume de óleo e y = massa do sabão produzido.

Se for diretamente proporcional:

$$\frac{x_1}{y_1} = k_1; \quad \frac{x_2}{y_2} = k_2; \quad k_1 = k_2$$

Aplicando a fórmula e sabendo que $x_1 = 1$; $x_2 = 2$ e $y_1 = 1,4$; $y_2 = 2,8$, temos:

$$\frac{1}{1,4} = 0,71; \quad \frac{2}{2,8} = 0,71; \quad \text{ou seja, } k_1 = k_2$$

Se aplicássemos o cálculo para avaliar se são variáveis inversamente proporcionais iríamos verificar que k_1 não seria igual a k_2 .

2. Pesquise em estabelecimentos comerciais os preços de no mínimo três marcas comerciais de sabão de soda cáustica em barra e anote em uma tabela. Em seguida, utilizando regra de três, converta estes valores para cada kg de sabão, então calcule a média e o desvio padrão dos valores coletados.

Nessa abordagem, o estudante precisa desenvolver uma atividade de campo, buscando em sua localidade um banco de dados de preços reais de sabão de soda cáustica. A partir desses valores os estudantes aplicam o cálculo de regra de três para expressar os valores para cada kg de sabão, então monta-se uma tabela que servirá para o cálculo da média e desvio padrão de cada estabelecimento e a média e desvio padrão finais. Como ensaio demonstrativo buscou-se esses

Tabela 1: Valores comerciais de sabão em barra.

Produto	Estabelecimento A (R\$/kg)	Estabelecimento B (R\$/kg)
Sabão 1	11,95	10,95
Sabão 2	10,75	10,50
Sabão 3	11,65	11,45

valores em estabelecimentos comerciais e a adequação dos valores por regra de três resultou nos valores da Tabela 1.

A média aritmética de um conjunto de dados é obtida dividindo a soma dos elementos deste conjunto pela quantidade de elementos no conjunto, no caso em questão o conjunto de dados são os diferentes valores comerciais do sabão. Primeiramente todos os elementos do conjunto são somados (11,95 + 10,75 + 11,65 + 10,95 + 10,50 + 11,45 = 67,25) e, em seguida, o resultado da soma é dividido pelo número de elementos no conjunto (6). Assim, teremos que a média é igual a: 67,25/6 = 11,21.

Para medir a uniformidade desse conjunto de dados, usaremos o cálculo de desvio-padrão (s), no qual é feito o somatório dos dados da posição 1 até a posição n, em seguida, subtrai-se de cada valor a média do conjunto, eleva-se ao quadrado e divide-se pelo número de dados do conjunto. Por fim, extrai-se a raiz quadrada:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

$$s = \sqrt{\frac{(11,95 - 11,21)^2 + (11,65 - 11,21)^2 + (10,95 - 11,21)^2 + (10,50 - 11,21)^2 + (11,45 - 11,21)^2}{6}}$$

$$s = \pm 0,56251$$

3. Pesquise em estabelecimentos comerciais os preços de, no mínimo, três marcas de todos os reagentes utilizados no experimento e anote em uma tabela. Em seguida, calcule a média, o desvio padrão e o total dos valores coletados.

Esta etapa é muito parecida com o questionamento anterior, mas agora para os reagentes utilizados na reação

Tabela 2: Valores comerciais em R\$ de soda cáustica e aromatizante.

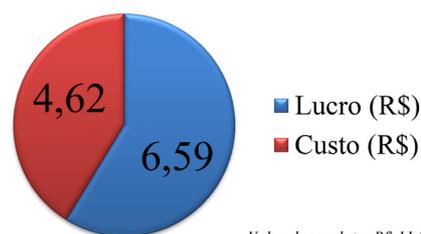
	Reagentes					
	Soda cáustica (NaOH) – 200 g		Desinfetante aromatizado – 40 mL		Água – 400 mL	Óleo – 1 L
	A	B	A	B		
Produto 1	7,99	6,25	0,225	0,229	--	--
Produto 2	6,00	6,15	0,249	0,359	--	--
Produto 3	6,79	5,60	0,315	0,379	--	--
Média	6,46		0,293		--	--
Desvio padrão	0,842		0,0676		--	--
Custo total (R\$):						6,75

de produção do sabão. Nesse caso buscaram-se os valores em dois estabelecimentos comerciais (A e B) e os valores foram convertidos para cada proporção utilizada no experimento, ou seja, 200 g de soda cáustica e 40 mL de desinfetante aromatizado – o óleo reutilizado foi considerado como doação, e o valor da água⁴ (Sanepar, 2020) não foi considerado. Após os cálculos de média e desvio padrão obteve-se a Tabela 2.

4. Compare os custos de produção com os valores do produto comercial e monte gráficos ou curvas de projeção da estimativa de lucros de produção (desconsiderando a aplicação de impostos).

Agora os dados obtidos no experimento de saponificação também podem entrar na análise estatística e matemática. Uma pequena adequação no experimento proposto pode ser inserida no sentido de levantar dados para correlações estatísticas e matemáticas: a pesagem do sabão após o período de maturação. Para se trabalhar com dados próximos aos reais, os experimentos foram novamente reproduzidos em triplicata com a pesagem do produto ao final para calcular a média e o desvio padrão, obtendo-se os seguintes valores em kg: 1,447, 1,502, 1,450; média: 1,463 kg; desvio padrão: ±0,039 kg.

Em seguida, a partir do valor total da Tabela 3 e a média da massa de sabão produzido calcula-se por regra de três o custo para cada kg de sabão de acordo com o experimento proposto, obtendo-se o valor de R\$ 4,62. Relacionando esse valor de custo por kg com o valor médio do preço comercial por kg de sabão (R\$ 11,21) podemos, por exemplo, montar um gráfico de pizza mostrando a relação estimada de custo e lucro de produção (Figura 6).



Valor do produto: R\$ 11,21

Figura 6: Estimativa de lucro a partir da relação entre custo e valor do produto comercial.

Outra possibilidade seria avaliar uma projeção que relaciona a quantidade de óleo com o lucro obtido na sua conversão em sabão. Por exemplo, pela constante de proporcionalidade projetando as quantidades de sabão que seriam obtidas com diferentes volumes de óleo (mantendo também a relação proporcional para os outros reagentes). A partir dessas quantidades o lucro obtido em cada situação pode ser obtido por regra de três, pela comparação com o valor determinado anteriormente. Adicionalmente, gráficos de tendência poderiam ser plotados para exemplificar a análise. Essa abordagem final permite chamar a atenção dos estudantes para a importância socioambiental do experimento, que permite inclusive geração de renda.

Conclusões

Como visto, o direcionamento de algumas indagações em uma atividade prática é essencial para melhor visualização da relação teórico-prática dentro do contexto social dos estudantes, instigando a investigação e argumentação, e não apenas a observação e relato puramente empíricos. Ou seja, a experimentação é uma importante ferramenta para tornar o ensino mais apreciável tornando a aprendizagem ativa, que é mais efetiva e duradoura. Porém, a eficiência no aprendizado proposto deve estar vinculada ao estudo teórico e questionamentos norteadores que permitam ao estudante a visualização do fenômeno com uma visão holística, construindo o ensino como uma atividade social interdependente. Permite-se, assim, que a aprendizagem de algo mais complexo se torne interessante e de mais fácil compreensão.

Referências

- BARBOSA, A. B. e SILVA, R. R. Xampus. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 3-6, 1995.
- BARROS, H. L. C. Processos endotérmicos e exotérmicos: uma visão atômico-molecular. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 4, p. 241-245, 2009.
- BRASIL, Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Versão final em pdf. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso set. 2020.
- CAAMAÑO, A. Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, v. 29, n. 1, p. 21-54, 2018.
- CONOVER, D. M. e GIBSON, K. E. Comparison of two plain soap types for removal of bacteria and viruses from hands with specific focus on food service environments. *Food Control*, v. 69, p. 141-146, 2016.
- CORSINI, M. S.; JORGE, N.; MIGUEL, A. M. R. O. e VICENTE, E. Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleos de fritura. *Química Nova*, v. 31, n. 5, p. 956-961, 2008.
- ECYCLE. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2288-impactos-do-sabao-e-detergente>. Acesso jun. 2020.
- EILKS, I. Teaching 'Biodiesel': A sociocritical and problem-oriented approach to chemistry teaching, and students' first views

Notas

¹<http://basenacionalcomum.mec.gov.br> e <http://portal.mec.gov.br>.

²A discussão em torno dos questionamentos 4 e 5 foi desenvolvida com estudantes do curso Técnico em Alimentos do IFSC – Campus São Miguel do Oeste.

³Esta parte da aplicação foi desenvolvida com estudantes do curso Técnico em Alimentos do IFSC – Campus São Miguel do Oeste.

⁴No demonstrativo de tarifas do site da Sanepar (Companhia de Saneamento do Paraná), para faixa mínima de até 5 m³ o valor da água é de R\$ 38,77. Por regra de 3, o valor para 400 ml seria R\$ 0,003. <http://atvn.sanepar.com.br/simuladorconta>.

Roger Borges (Iroger.borges@gmail.com), licenciado e bacharel em Química pela UTFPR, mestre em Química Inorgânica pela UFPR, doutor em Química Inorgânica pela UFPR e em Química de Materiais pela Université Clermont-Auvergne (UCA). Atualmente é pesquisador de pós-doutorado na Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP - BR. **Kamila Colombo** (kamicolombo@gmail.com), graduada em Engenharia Química e mestre em Engenharia Química pela FURB, doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais pela UFPR, e atualmente é professora de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Curitiba, PR – BR. **Tiago Favero** (tiago.favero@ifsc.edu.br), tecnólogo em Química Industrial, tecnólogo em Controle de Processos Químicos e licenciado em Química (PROFOP) pela UTFPR. Possui Especialização em Ensino de Química e Biologia pela UNINTER e Tecnologias para Educação Profissional pelo IFSC, mestre em Processos Químicos e Bioquímicos pela UTFPR. Atualmente é professor de Química no Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC. São Miguel do Oeste, SC - BR. **João Henrique Borges** (jhborges2@outlook.com), atualmente é acadêmico do curso de Ciências Contábeis na Universidade Paranaense - UNIPAR. Francisco Beltrão, PR - BR.

on it. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 3, n.1, p. 67-75, 2002.

GALIAZZI, M. C. e GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. *Química Nova*, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GASPAR, A. e MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GENOVESE, L. G. R.; QUEIRÓS, W. P. e GENOVESE, C. L. C. R. O ensino dos processos e usos do alumínio na perspectiva da pedagogia histórico-crítica. *Educación Química*, v. 31, n. 1, p. 62-83, 2020.

GONÇALVEZ, F. P. e MARQUES, C. A. A experimentação na docência de formadores da área de ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 84-98, 2016.

JORGE, N.; SOARES, B. B. P.; LUNARDI, V. M. e MALACRIDA, C. R. Alterações físico-químicas dos óleos de girassol, milho e soja em frituras. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 947-951, 2005.

KUCEK, K. T. *Otimização da transesterificação etílica do óleo de soja em meio alcalino*. Dissertação de mestrado. UFPR, 123 p., 2004.

LEITE, B. S. A experimentação no ensino de química: uma análise das abordagens nos livros didáticos. *Educación Química*, v. 29, n. 3, p. 61-78, 2018.

LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a seção Experimentação no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 2, p. 198-202, 2015.

LOPES, M. R. V.; AUED-PIMENTEL, S.; CARUSO, M. S. F.; JORGE, N. e RUVIERI, V. Composição de ácidos graxos em óleos e gorduras de fritura. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 63, n. 2, p. 168-76, 2004.

MACHADO, E. R.; GARCIA, M. C. D. e ABRANTES, S. M. P. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontínua de batatas. *Food Science and Technology*, v. 28, n. 4, 2008.

MARCOS-MERINO, J. M.; GALLEGO, R. E. e ALDA, J. G. O. Extracción de ADN con material cotidiano: desarrollo de una estrategia interdisciplinar a partir de sus fundamentos científicos. *Educación Química*, v. 30, n. 1, p. 58-68, 2019.

MELLO, F.; GOMES, S. I. A. A.; GIUSTI, E. D.; SANDRI, M. C. M. e ROBAERT, S. Determinação do grau de saponificação de óleo residual: uma experiência no ensino de química sob as perspectivas CTSA e química verde. *Educación Química*, v. 30, n. 1, p. 21-30, 2019.

MERK. *Safety Data Sheet - Triolein*. Disponível em: https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/avanti/870110o?lang=pt®ion=BR&cm_sp=Insite_-caContent_prodMerch_gruModel_-prodMerch10-3. Acesso mai. 2020.

OSORIO, V. K. L. e OLIVEIRA, W. Polifosfatos em detergentes em pó comerciais. *Química Nova*, v. 24, n. 5, p. 700-708, 2001.

PETEK, A. e KRAJNC, M. The enthalpy and entropy of

activation for ethylacetate saponification. *International Journal of Chemical Kinetics*, v. 44, n. 10, p. 692-698, 2012.

QUEIROZ, S. L.; LOURENÇO, A. B. e FERREIRA, J. Q. Licenciatura em Química e argumentação científica: tendência nas ações discursivas em sala de aula. *Química Nova*, v. 39, n. 4, p. 513-521, 2016.

SANEPAR. Simulador de conta. Disponível em: <http://atvn.sanepar.com.br/simuladorconta>. Acesso jun. 2020.

SILVA, A. N. e PATACA, E. M. O. Ensino de equilíbrio químico a partir dos trabalhos do cientista alemão Fritz Haber na síntese da amônia e no programa de armas químicas durante a Primeira Guerra Mundial. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 1, p. 33-43, 2018.

SILVA, B. G. e PUGET, F. P. Sabão de sódio glicerinado: produção com óleo residual de fritura. *Enciclopédia Biosfera*, v. 6, n. 11, p. 1-15, 2010.

SILVA, M. A.; MARTINS, E. S.; AMARAL, W. K.; SILVA, H. S. e MARTINES, E. A. L. Compostagem: experimentação problematizadora e recurso interdisciplinar no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 71-81, 2015.

SILVA, V. A. e SOARES, M. H. F. B. Conhecimento prévio, caráter histórico e conceitos científicos: o ensino de Química a partir de uma abordagem colaborativa da aprendizagem. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 3, p. 209-219, 2013.

SOUZA, P. V. T.; AMAURO, N. Q. e FERNANDES-SOBRINHO, M. Modelizações astronômicas na perspectiva da educação CTS: proposta de atividade integradora ao ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, v. 40, n. 3, p. 186-195, 2018.

Abstract: *A multi- and interdisciplinary view from the practice of saponification.* This paper presents a multi- and interdisciplinary analysis involving Chemistry, Biology, Statistics and Mathematics about the practice of saponification, by means of guiding questions. In this paper, the experimentation based on theoretical knowledge fundamental role is emphasized, and oriented towards a wider use and comprehensiveness of the the several possibilities of study themes of the various teaching areas, directly or indirectly linked to the observed phenomenon. In addition, experimental materials and procedures can be suited to the realities of the different educational institutions in Brazil. Such materials and procedures can be linked to the students' daily lives, taking into account their previous knowledge. By doing so, the individual may use scientific knowledge to integrate into society through practical development and research associated with theoretical development guided by the teacher.

Keywords: guiding questions, multi- and interdisciplinarity, experimentation.