

VERIFICAÇÃO EXPERIMENTAL DE ASPECTOS RELEVANTES SOBRE A TENSÃO SUPERFICIAL EM UMA ABORDAGEM DIDÁTICA

Alessandra de Fátima Ulisses¹
Ana Terra Bravim dos Santos¹
Davi Salgado de Senna¹
Jaqueline Rodrigues Cindra de Lima Souza¹
Leonard Campos Avellar Machado¹
Matheus Wandermurem da Silva¹
Ringo Souza Batista¹
Rodrigo Martins Pereira¹
Sandy Queiroz Espinosa¹
Arlan da Silva Gonçalves²

Resumo

Neste trabalho foram verificados alguns aspectos importantes sobre a medição da tensão superficial relativa de líquidos puros e soluções em uma abordagem didática para fins de replicação destes em aulas de delineamento e análise experimental. O experimento/aula foi realizado no laboratório de química do Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* de Alegre. Foi utilizado o método de contagem de gotas, caracterizado como uma adaptação do método do peso da gota. Para análise estatística foi utilizado o software GNU PLOT. Por meio do experimento proposto, os alunos foram capazes de verificar que a concentração do detergente e do etanol influenciam diretamente na tensão superficial da água. A metodologia estatística empregada possibilitou a análise dos dados, proporcionando uma visualização de funções matemáticas e dados científicos de uma forma mais interativa.

Palavras-chave: Tensoativos. Etanol. Estatística. GNU PLOT. Interdisciplinaridade.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF RELEVANT ASPECTS SURFACE TENSION IN A DIDACTIC APPROACH

Abstract

In this work was verify some important aspects about the measurement of the relative surface tension of pure liquids and solutions, in a didactic approach for purposes of replication of these in classes of design and experimental analysis. The experiment/class was carried out in the chemistry laboratory of the Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* Alegre. The droplet counting method was used, characterized as an adaptation of the drop weight method. GNU PLOT software was used for statistical analysis. Through the proposed experiment, the students were able to verify that the concentration of detergent and ethanol directly influences the surface tension of the water. The statistical methodology employed allowed the analysis of the data, providing a visualization of mathematical functions and scientific data in a more interactive way.

Keywords: Tensoativos. Ethanol. Statistic. GNU PLOT. Interdisciplinarity.

1 Instituto Federal do Espírito Santo – IFES *campus* Alegre – Programa de Pós Graduação em Agroecologia (PPGA).

2 Instituto Federal do Espírito Santo – IFES *campus* Vila Velha. E-mail: agoncalves@ifes.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A água é uma substância que possui inúmeras propriedades físico-químicas próprias e interessantes que beneficiam muito a vida, dentre elas a adesão e coesão, capilaridade e a tensão superficial (DE MEDEIROS.; RESENDE.; MAIA, 2015).

A tensão superficial surge nos líquidos como resultado do desequilíbrio entre as forças agindo sobre as moléculas da superfície em relação àquelas que se encontram no interior da solução. Em outras palavras, a tensão superficial pode ser definida como a força resultante da atração entre as moléculas do interior do líquido pelas moléculas na sua superfície (ADAMSON.; GAST, 1997).

Existem vários efeitos observados no dia a dia que estão relacionados com a tensão superficial da água, por exemplo, grãos de areia, cliques de papel e outros pequenos objetos podem flutuar sobre a superfície da água, mesmo sendo mais densos que ela; algumas espécies de insetos conseguem andar sobre a superfície da água sem se molhar; na extremidade de um conta gotas, um líquido sai na forma de gota e não como um filete contínuo (FOGAÇA, 2017).

O conhecimento e o controle da tensão superficial de soluções aquosas são fundamentais em diversas aplicações de produtos industrializados (RANGEL, 2006) como os processos de fermentação, formação de gelo durante o resfriamento de alimentos (ROSENTHAL, 2001), estabilidade de emulsões e espuma, além de afetar a molhabilidade, dispersão de partículas, poder de limpeza, bem como funções vitais nos pulmões dos seres humanos (GUGLIOTTI, 2002).

O processo de tingimento nas indústrias têxteis necessita da adição de uma substância que diminua a tensão superficial (um tensoativo) das soluções dos corantes, facilitando a interação destes com o tecido a ser tingido, aumentando a umectação das fibras (SIMONČIČ.; KERT, 2002; BRÁČKO.; ŠPAN, 2000).

A determinação da tensão superficial de formulações tensoativas é feita rotineiramente em laboratórios de controle de qualidade e de pesquisas industriais, dando suporte ao desenvolvimento de novos produtos e de novas aplicações para os tensoativos (TEIXEIRA NETO et al., 2009).

Segundo Behring e colaboradores (2004), são diversos os métodos que podem ser empregados para a determinação da tensão superficial e estes são classificados em estáticos, dinâmicos e de desprendimento (ou separação).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 1324 de 1994), prescreve um procedimento bastante simples e razoavelmente exato para a determinação da tensão superficial de produtos agrotóxicos, utilizando o método de desprendimento, que pode ser aplicado a determinação da tensão superficial de diferentes tipos de tensoativos, de suas formulações e também de líquidos puros (NBR, 1994). O procedimento se baseia na contagem do número de gotas gerado por um determinado volume de uma solução aquosa da amostra, medido a partir de uma bureta, e sua relação com o número de gotas gerado pelo mesmo volume de água, que é usada como padrão de tensão superficial conhecida.

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 (HUSMANN, 2015). A experimentação é uma metodologia de ensino que, em uma abordagem crítica coordenada pelo docente, pode levar o discente à abstração dos conteúdos com mais facilidade. Além disso, permite uma contextualização e questionamento dos métodos, conceitos e fundamentos (GUIMARÃES, 2009).

De uma maneira geral, as abordagens em sala de aula quando se replicam ou se realizam experimentos, restringem-se a replicação do método previamente definido pelo professor; os resultados já são esperados, assim a interpretação bem como a discussão dos mesmos é feita de uma forma descritiva, sem um tratamento experimental dos dados para confirmação. Com isso, pode-se ensinar conceitos, leis, teorias e definições, porém, em uma abordagem mais ampla e no sentido da interdisciplinaridade, conceitos estatísticos podem ser aplicados a fim de entender ainda diferentes formas de confirmação, tratamento, descrição e discussão dos resultados.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é abordar alguns aspectos importantes sobre a medição da tensão superficial relativa de líquidos puros e soluções, bem como, verificar o efeito de algumas substâncias sobre a tensão superficial, em uma abordagem didática para fins de replicação destes em aulas de delineamento e análise experimental.

2 PERCURSO METODOLÓGICO

O experimento/aula foi realizado no laboratório de Química Aplicada do Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* de Alegre, durante a disciplina de Delineamento e Análise Experimental, no mês de abril de 2017.

Após o professor explicar como seria o procedimento e entregar o roteiro metodológico, material anexo, realizou-se a medida da temperatura da água destilada e determinou-se a tensão superficial desta água por meio de uma interpolação do resultado obtido em uma curva padrão feita por análise de regressão com dados de tensão superficial em diferentes temperaturas (fornecidos pelo professor).

Em seguida, foi determinado o número de gotas/mL da água destilada com uso de uma bureta. Ainda com o auxílio deste instrumento laboratorial foi determinado o número de gotas/mL das soluções de água-etanol nas concentrações de 5, 10, 15, 20, 25 °GL e soluções de água-detergente, nas concentrações de 1, 2, 3, 4, 5 °GL. A quantificação das gotas/mL de cada solução foi feita em triplicata e considerou-se a média.

O método de contagem de gotas descrito na NBR é uma adaptação adequada e simples do método do peso da gota (ADAMSON, 1990). Seguindo a argumentação do método do peso da gota, a força exercida pelo peso de uma gota (mg) na ponta de uma bureta é máxima no momento exatamente anterior ao seu desprendimento da ponta. Neste momento, o peso da gota é equilibrado pela tensão superficial do líquido (γ) multiplicada pelo perímetro ($2\pi r$) da ponta da bureta.

Assim, a tensão superficial do líquido pode ser calculada pela medida da massa (m) de uma gota deste líquido, de acordo com a equação 1:

$$\gamma = (m \cdot g) / (2\pi \cdot r) \quad (\text{equação 1})$$

Seguindo a equação 1, relacionou-se a massa da gota (m) com o seu volume (V) e a densidade do líquido (ρ), na equação 2 (LANDO.; OAKLEY, 1967):

$$\gamma = (V \cdot \rho \cdot g) / (2\pi \cdot r) \quad (\text{equação 2})$$

Através do método de contagem de gotas, calculou-se a tensão superficial, construindo uma relação entre o número de gotas geradas por um volume fixo da amostra, medido em uma bureta, e o número de gotas gerado pelo mesmo volume de água. No sistema descrito neste trabalho, o volume adotado foi de 1 mL, medido em uma bureta graduada. Assim, nas equações 3 e 4, estão as relações para determinação da massa média de uma gota da amostra e da água a partir das suas densidades:

$$m_{\text{gota AMOSTRA}} = (1\text{mL} \rho_{\text{AMOSTRA}}) / n^{\circ} \text{ de gotas AMOSTRA} \quad (\text{equação 3})$$

$$m_{\text{gota ÁGUA}} = (1\text{mL} \cdot \rho_{\text{ÁGUA}}) / n^{\circ} \text{ de gotas ÁGUA} \quad (\text{equação 4})$$

Assumindo a densidade da amostra (ρ_{AMOSTRA}) igual à densidade da água ($\rho_{\text{ÁGUA}}$), temos:

$$m_{\text{gota AMOSTRA}} = (m_{\text{gota ÁGUA}} \cdot n^{\circ} \text{ de gotas ÁGUA}) / n^{\circ} \text{ de gotas AMOSTRA} \quad (\text{equação 5})$$

A partir da equação 1:

$$\gamma_{\text{ÁGUA}} = (m_{\text{gota ÁGUA}} \cdot g) / 2\pi \cdot r \quad \text{e} \quad \gamma_{\text{AMOSTRA}} = (m_{\text{gota AMOSTRA}} \cdot g) / 2\pi \cdot r$$

Como a contagem de gotas é feita a partir de uma bureta, a circunferência e formato da sua ponta são iguais para a amostra e para a água. A partir das equações acima, podemos então fazer a relação abaixo, que resulta na equação 6.

$$\gamma_{\text{AMOSTRA}} = (m_{\text{gotas AMOSTRA}} \cdot \gamma_{\text{ÁGUA}}) / m_{\text{gota ÁGUA}} \quad (\text{equação 6})$$

Substituindo a $m_{\text{gotas AMOSTRA}}$ da equação 5 na equação 6, obtém-se a relação que permite o cálculo da tensão superficial da solução da amostra na equação 7:

$$\gamma_{\text{AMOSTRA}} = (n^{\circ} \text{ de gotas ÁGUA} \cdot \gamma_{\text{ÁGUA}}) / n^{\circ} \text{ de gotas AMOSTRA} \quad (\text{equação 7})$$

A partir dos dados calculados, foram gerados gráficos de regressão linear para as soluções água-etanol e água-detergente, relacionando a tensão superficial e a concentração. Também foram gerados gráficos de barras com os respectivos desvios padrões, referentes às médias do número de gotas para cada concentração. Utilizou-se o software GNUPLOT, versão 5.0 (WILLIAMS.; KELLEY, 2017) para geração dos gráficos. Seguem, abaixo, os *scripts* de comando:

Análise de Regressão

```
f(x) = a + (b*x)
fit f(x) "filename.txt" via a,b
set title 'Tensao Superficial'
set key inside
set xl 'Concentracao (GL)'
set yl 'Tensao Superficial (dyn/cm)'
```

```
set xr[-1:6]
set yr[10:80]
plot "filename.txt" title 'solução', f(x) title 'equação'
```

Gráfico de barras com desvio padrão

```
#script gráfico de barras com desvio padrão
Set terminal png médium size 800,400 enhanced; #define o tamanho da figura
set style data histogram
set style histogram errorbars gap 2 lw 1
set yrange [0:60]
set bars 0.5
set style line 2 lc rgb 'black' lt 1 lw 1
set style fill pattern border -1
set boxwidth 0.9
set xtics format ""
set grid ytics
set xlabel 'Concentrao (GL)'
set ylabel 'Numero de gotas/ml'
set output 'Grafngotas.png'
set title 'Media do numero de gotas/ml'
plot "ngotas.txt" using 2:3:xtic(1) title "numero de gotas" ls 2
```

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura medida para a água destilada foi de 26°C. Os valores da tensão superficial (γ) da água fornecidos pelo professor, para as temperaturas 20°C, 25°C e 30°C, foram respectivamente: 72,75 dyn.cm⁻¹, 71,97 dyn.cm⁻¹ e 71,18 dyn.cm⁻¹.

Através dos valores conhecidos de Tensão Superficial da água, obteve-se a equação de regressão: $f(x) = -0,157x + 75,891666666667$, com $R^2 = 0,999986477$, em que, $f(x)$ = Tensão superficial da água γ (dyn.cm⁻¹) e x = Temperatura (°C) = 26°C. Substituindo-se o valor da temperatura na equação obtém-se: γ água a 26°C = 71,8097 dyn.cm⁻¹.

As tensões superficiais para as soluções de etanol e detergente foram determinadas utilizando a seguinte equação: $\gamma_B = \gamma_A (\eta_A/\eta_B)$. Conforme a tabela 1 e as figuras 1 e 2, em que:

γ_B = tensão superficial da solução a ser determinada;

γ_A = tensão superficial da solução da água a 26°C = 71,688 dyn.cm⁻¹;

η_A = número de gotas por mL da água;

η_B = número de gotas por mL da solução a ser determinada.

Tabela 1. Número de gotas/mL e Tensão superficial das soluções estudadas.

| Solução | Média nº Gotas/mL ± Desvio Padrão | Tensão Superficial (dyn.cm ⁻¹) |
|---------------------|--------------------------------------|---|
| Água destilada | 19,7 ± 0,6 | 71,809 |
| Etanol (°GL) | 5 | 22,7 ± 1,5 |
| | 10 | 29,7 ± 0,6 |
| | 15 | 31,3 ± 0,6 |
| | 20 | 34,7 ± 0,6 |
| | 25 | 37,7 ± 0,6 |
| Detergente (°GL) | 1 | 38,0 ± 0,0 |
| | 2 | 40,3 ± 2,5 |
| | 3 | 45,0 ± 1,0 |
| | 4 | 47,7 ± 1,2 |
| | 5 | 50,3 ± 2,5 |

Após a interação e plotagem dos dados de tensão superficial e concentração foram gerados os gráficos de regressão a seguir (figura 1):

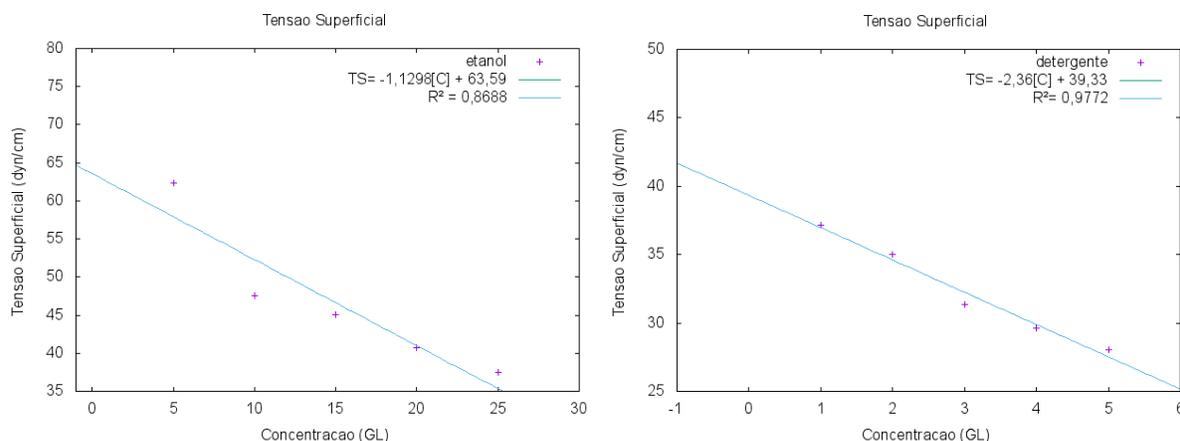


Figura 1. Tensão Superficial das soluções de etanol e de detergente, sendo TS = tensão superficial e [C] = concentração.

Existe uma relação inversamente proporcional, em que, à medida que se aumenta a concentração da solução diminui-se a tensão superficial. A concentração do etanol e do detergente influenciam diretamente na tensão superficial da água (figura 1).

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 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. 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 etanol têm comportamento intermediário e tensão superficial entre os valores da água e do etanol (HUSMANN, 2015).

O detergente e o etanol diminuem a tensão superficial da água, pois atuam modificando as forças interfaciais, assim promovendo uma ligação mais íntima entre as moléculas da solução (DURIGAN, 1993). Diversos estudos se baseiam neste princípio para diminuição da tensão superficial visando à diminuição no tamanho de gotas de soluções de produtos pulverizáveis de uso na agricultura.

É importante relatar que tanto o detergente quanto o etanol foram escolhidos para realização deste experimento por terem propriedades tensoativas, serem baratos, de fácil aquisição, além de proporcionar reprodutibilidade por quaisquer instituições de ensino.

O estudo e compreensão da tensão superficial de uma solução permitem compreender a sua eficácia nas aplicações cotidianas, como na preparação e uso de caldas protetoras ou nutritivas para as plantas. Neste sentido, Mendonça, Raetano e Mendonça (2007) ao estudarem a tensão superficial dos óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura constataram que a tensão superficial destes óleos está diretamente relacionada aos tensoativos adicionados na sua composição, variando entre 2 a 20% v.v⁻¹, conferindo aos óleos tensões superficiais inferiores a 30m.N.m⁻¹, desejável para utilização em pulverizações em áreas cultivadas.

Teixeira Neto et al. (2009), afirmam que a adição de pequenas quantidades de tensoativos a diferentes tipos de formulações causa mudanças no comportamento físico-químico dos produtos,

permitindo a obtenção de propriedades como maior molhabilidade, melhor dispersão de partículas e maior poder de limpeza, entre outras.

Pode-se ainda intuir com base nestes resultados que o detergente influencia de maneira mais significativa para uma mesma concentração nas duas soluções como pode ser visto para a tensão superficial a 5°GL. No entanto, isto deve ser verificado com análise de variância e teste entre médias para as mesmas concentrações de soluções, o que não se aplica ao objetivo deste trabalho.

O gráfico de barras com os respectivos desvios padrões, referente à média do número de gotas da água e das soluções (água-etanol e água-detergente) está apresentado na figura 2.

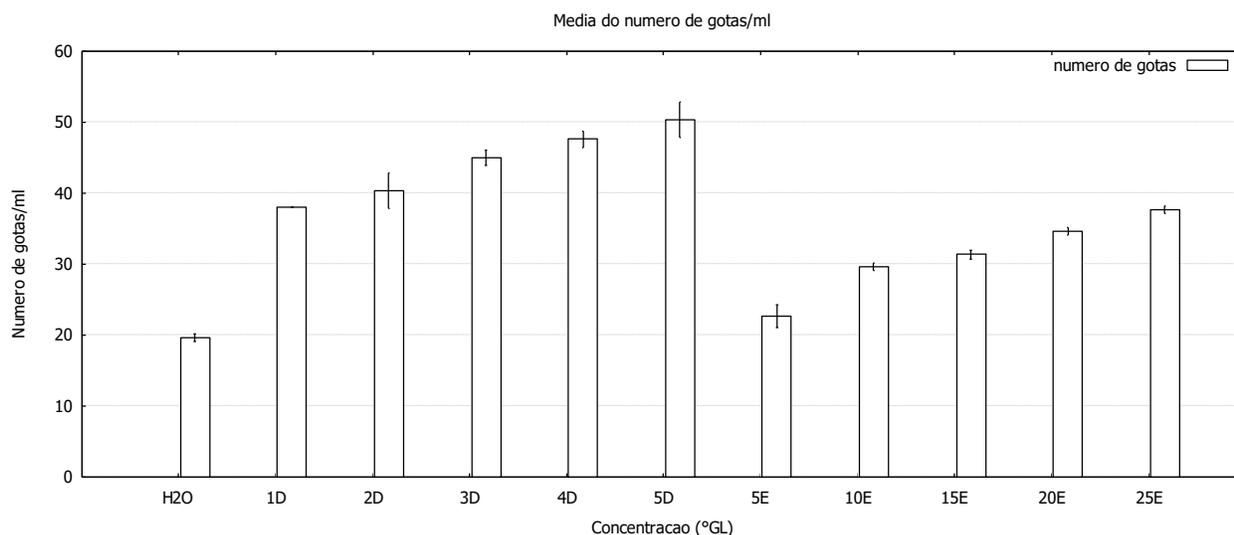


Figura 2. Gráfico de Barras com desvio padrão do número de gotas/mL em função da concentração da água (H₂O), Detergente (D) e Etanol (E), onde os números ao lado esquerdo das letras D e E, no eixo das Abscissas, representam as concentrações em °GL.

Behring et al. (2004), chamam a atenção para alguns fatores que podem causar erros nas medidas de tensão superficial e que, portanto, devem ser cuidadosamente monitorados durante a realização dos experimentos. Entre eles estão: a temperatura das amostras, a velocidade de formação das gotas e o formato da ponta da bureta, onde são formadas as gotas. Justificando os desvios altos em algumas soluções devido a estes erros que podem ocorrer.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do experimento realizado, observou-se o comportamento das substâncias em questão, quando elas se interagem umas com as outras. Pode-se ainda calcular e entender a tensão superficial dos fluidos.

Os resultados aqui apresentados demonstram que técnicas fundamentadas em conceitos extremamente simples (onde a visualização dos aspectos teóricos se dá de forma direta, e as formulações matemáticas adquiriram sentido físico) podem fornecer resultados bastante precisos, motivando os alunos para estudos mais avançados.

A utilização do Software GNUPLOT e toda a metodologia empregada possibilitaram a análise dos dados de forma experimental, proporcionando uma visualização de funções matemáticas e dados científicos de uma forma mais interativa.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Ifes *campus* Alegre, pela disponibilização dos laboratórios de química e de informática.

6 REFERÊNCIAS

ADAMSON, A. W.; **Physical Chemistry of Surfaces**, 5. ed. New York: Wiley-Inter-science, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13241: **Agrotóxico** – Determinação da tensão superficial. 1994.

BEHRING, João Lino et al. **Adaptação no método do peso da gota para determinação da tensão superficial: um método simplificado para a quantificação da CMC de surfactantes no ensino da química**. Química nova, v. 27, n. 3, p. 492-495, 2004.

BRAČKO, Sabina; ŠPAN, Jože. Conductometric investigation of dye–surfactant ion pair formation in aqueous solution. **Dyes and Pigments**, v. 45, n. 2, p. 97-102, 2000.

DE MEDEIROS, R. V. B.; RESENDE, R. R.; MAIA, S. R. R. Tensão superficial da água: como os insetos andam por sobre a água?. Edição Avulsa (Alô, Escolas!). **Nanocell News**, v. 2, n. 7, Belo Horizonte, 2015.

DURIGAN, Júlio César. **Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. p. 42.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Tensão Superficial da Água**. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/tensao-superficial-agua.htm>>. Acesso em: 26 de jun. 2017.

GUGLIOTTI, M. A Química do corpo humano: Tensão superficial nos pulmões. **Química Nova na Escola**, n. 16, p. 3-5, nov. 2002.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

HUSMANN, Samantha; ORTH, Elisa S. Ensino da Tensão Superficial na Graduação Através de Experimentos Fáceis que não Requerem Infraestrutura Laboratorial. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 3, p. 823-834, Niterói, 2015.

LANDO, Judah L.; OAKLEY, Howard T. **Tabulated correction factors for the drop-weight-volume determination of surface and interracial tensions**. Journal of Colloid and Interface Science, v. 25, p. 526, 1967.

MENDONÇA, Cristina G. de; RAETANO, Carlos Gilberto; MENDONÇA, Cristiane G. de. **Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura**. Engenharia Agrícola, p. 16-23, 2007.

RANGEL, Renato. N. **Colóides – um estudo introdutório**. São Paulo: LCTE Editora, 2006.

ROSENTHAL, Andrew J. **Demonstration of surface tension**. J. Chem. Educ, Washington, Georgia, v. 78, n. 3, p. 332, 2001.

SIMONČIČ, Barbara; KERT, Mateja. **A study of anionic dye–cationic surfactant interactions in mixtures of cationic and nonionic surfactants**. Dyes and Pigments, v. 54, n. 3, p. 221-237, 2002.

TEIXEIRA NETO, Érico et al. **Medidas de tensão superficial pelo método de contagem de gotas: descrição do método e experimentos com tensoativos não-iônicos etoxilados**. Química Nova, v. 32, n. 1, p. 223-227, 2009.

WILLIAMS, Thomas; KELLEY, Colin. **GNU PLOT: Versão 5.0**. 2017. Disponível em <<http://gnuplot.info>> Acesso em: junho de 2017.

7 ANEXO: ROTEIRO EXPERIMENTAL SOBRE TENSÃO SUPERFICIAL

Introdução

As moléculas que se encontram na superfície de um líquido são objeto das intensas forças de atração das moléculas interiores. Uma força resultante, cuja direção acha-se em um plano tangente a superfície em um ponto particular, atua para fazer com que a superfície do líquido seja a menor possível. A magnitude dessa força atuando perpendicular a longitude de uma linha na superfície se chama tensão superficial. A superfície – ou interface – onde existe a tensão, encontra-se entre o líquido e o seu vapor saturado no ar, ordinariamente a pressão atmosférica. Também pode existir uma tensão na interface entre líquidos imiscíveis ordinariamente a essa. Nesse caso, tem-se uma tensão interfacial. As dimensões da tensão superficial são força por unidade de comprimento. No sistema CGS, é expressa em *dina.cm⁻¹*.

Objetivos

- Medir a tensão superficial relativa de líquidos puros e de soluções.
- Verificar o efeito de algumas substâncias sobre a tensão superficial da água.

Procedimento

- 1) Prender uma bureta/pipeta pequena em um suporte;
- 2) Encher a bureta com água destilada;
- 3) Determinar o número de gotas que se formam por mL;
- 4) Repetir os passos 1 a 3, pelo menos três vezes, e tirar a média;
- 5) Repetir o procedimento para soluções de álcool etílico e detergente, nas concentrações de:
 - 5.1) (5, 10, 15, 20 e 25) °GL para o Etanol e;
 - 5.2) (1, 2, 3, 4 e 5) °GL para o Detergente.

Resultados a apresentar

- Cálculo da tensão superficial das misturas água-álcool (5, 10, 15, 20, 25) °GL.
- Cálculo da tensão superficial com o detergente (1, 2, 3, 4, 5) °GL.
- Gráfico da tensão superficial Vs. concentração das misturas água-etanol.
- Gráfico da tensão superficial Vs. concentração das misturas água-detergente.
- Gráfico de barras, com seus respectivos desvios, representando o número médio de gotas/mL para cada solução.
- Análise e discussão dos resultados.

Dados

$$\gamma_{\text{água}}^{20^{\circ}\text{C}} = 72,75 \text{ dina.cm}^{-1}; \gamma_{\text{água}}^{25^{\circ}\text{C}} = 71,97 \text{ dina.cm}^{-1}; \gamma_{\text{água}}^{30^{\circ}\text{C}} = 71,18 \text{ dina.cm}^{-1}$$

Referência:

Manual de Laboratório alterado – Físico-Química Experimental I – Edição 2013 – UFG.

Parte II – No Laboratório de Informática:

1) Fazer o ajuste dos pontos obtidos, na aula experimental, utilizando o ARLINUX (Distribuição pré compilada do LINUX UBUNTU 14.04, que já vem com alguns programas de estatística instalados, disponível em: <https://www.dropbox.com/s/doexvp8e6n7sgzy/Arlinux-PPGA2017-dist.iso?dl=0>) e o programa GNU PLOT, que segue a filosofia GPL (General Public License), utilizando as linhas de comando, abaixo, a serem explicadas pelo professor:

```
set xlabel 'V(L)'
```

```
set ylabel 'p (atm)'
```

```
f(x) = a * exp (-x*b)
```

```
fit f(x) 'arquivo.dat' via a,b
```