

ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO ENTRE ESTUDOS EXPERIMENTAIS NA GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO NA ÁREA DE FÍSICO-QUÍMICA.

Altamirando C. R. Neto¹; Mauro Lucio N. Oliveira¹; Moilton R. Franco Junior¹

¹FEQUI-UFU – Campus Santa Mônica – Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia M G.
38 408 100 Avenida João Naves de Ávila, 2121

Resumo: Acredita-se que grande parte das aulas de caráter experimental de cursos de graduação possa ser aplicada para alunos de pós-graduação. Tentativas para solucionar este paradigma está sendo realizadas em cursos da área de físico-química, na Universidade Federal de Uberlândia.

Do ponto de vista da formação de um engenheiro químico podemos citar inúmeros experimentos cuja abordagem pode ser mais profunda no caso de sua utilização para a pós-graduação.

Neste trabalho, será apresentada uma proposta de integração de alguns experimentos vistos na graduação em Engenharia Química e que podem ser aplicados a pós-graduação. Serão discutidos os aspectos referentes aos cuidados na coleta de dados experimentais, teorias utilizadas mais aprofundadas, bem como nível de exigência, no que se refere as discussões geradas dos resultados.

Palavras-chave: ensino, graduação, pós-graduação, físico-química.

1. INTRODUÇÃO

A busca da comprovação de novas teorias, validação de equipamentos ou mesmo ainda, de esclarecimento e confirmação de leis estudadas em sala de aula, seja na graduação quanto na pós-graduação, requer a realização, em laboratório, de experimentos comprobatórios. Estes devem ser simples, de baixo custo e de pequena duração, observadas as especificidades do currículo proposto pela instituição, bem como da formação do grupo que compõe o instituto ou faculdade.

Do ponto de vista da Engenharia Química podemos citar o caso da determinação experimental do número de Avogadro (WALAS, (1985); PRAUSNITZ *et al.*, (1999); CASTELLAN, (1982)) utilizando, por um lado, dados de sedimentação de partículas, e por outro, dados experimentais de viscosidades (MATTHEUS, (1985); INCONPRERA E DEWITT, (2003)). É notório que o número de Avogadro seja extensivamente usado em cálculos de Engenharia, entretanto o aluno, normalmente, fica restrito à curiosidade de sua origem. Valores de concentração em função de tempo de partículas sedimentando gravimetricamente, podem proporcionar o conhecimento desta grandeza. De uma outra forma, pode-se aproveitar dados medidos de viscosidade no Viscosímetro de Cãnnon-Fenske e determinar, através de equação teórica o valor deste número. Um outro exemplo é a confirmação da equação de gás ideal que é tão explorada desde o ensino médio, no entanto, via de regra, não é mostrado seu fundamento empírico em laboratório. E assim por diante, vários outros exemplos envolvendo solubilidade de sais e ácidos, medida de calor específico de metais, avaliação do coeficiente de Poisson, dentre outros, deverão ser, neste trabalho, comentados.

Um aspecto interessante é que os mesmos experimentos, acima comentados ou somente citados, podem ser realizados para estudantes de graduação, assim como para aqueles de pós-graduação. Cuidados na coleta de dados experimentais, teorias utilizadas bem como estatísticas empregadas devem dirimir a diferenciação do nível de ensino que se está trabalhando para aquele experimento específico. O nível de exigência, no que se refere ao emprego de matemática e modelos mais avançados, aos dados experimentais, somado às discussões geradas dos resultados evidencia o diferencial entre o ensino experimental para a graduação e a pós-graduação.

2. EXPERIMENTOS E EXPERIÊNCIAS EM LABORATÓRIO DE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO.

Alguns trabalhos experimentais que são realizados em cursos de graduação podem ser úteis para alunos de pós-graduação. Cada experimento será apresentado, de maneira concisa, seguido dos aspectos que são tratados na graduação e a proposta da aplicação do experimento para pós-graduandos. Quando possível, serão listadas experiências já vivenciadas com os experimentos para cursos de pós-graduação

1) Proveta de LADEQ. (Inconprera e Dewitt, 2003)

Experimento da área de Fenômenos de transporte que busca determinar a distribuição granulométrica de partículas numa mistura úmida, ou seja, numa suspensão. Atualmente, utiliza-se suspensão de caulim ou carbonato de cálcio em concentrações de baixas (menos que 0,01%). O experimento dura cerca de 1 hora e 10 minutos e o aluno deve retornar ao laboratório para realizar mediadas de pesagem de sólido seco, após 4 horas ou mais, passada a realização do experimento.

As Figuras 1 e 2 que se seguem ilustram resultados de concentração da suspensão em função do diâmetro da partícula presente na suspensão, bem como a modelagem que pode ser feita para representar, matematicamente, o comportamento da solução.

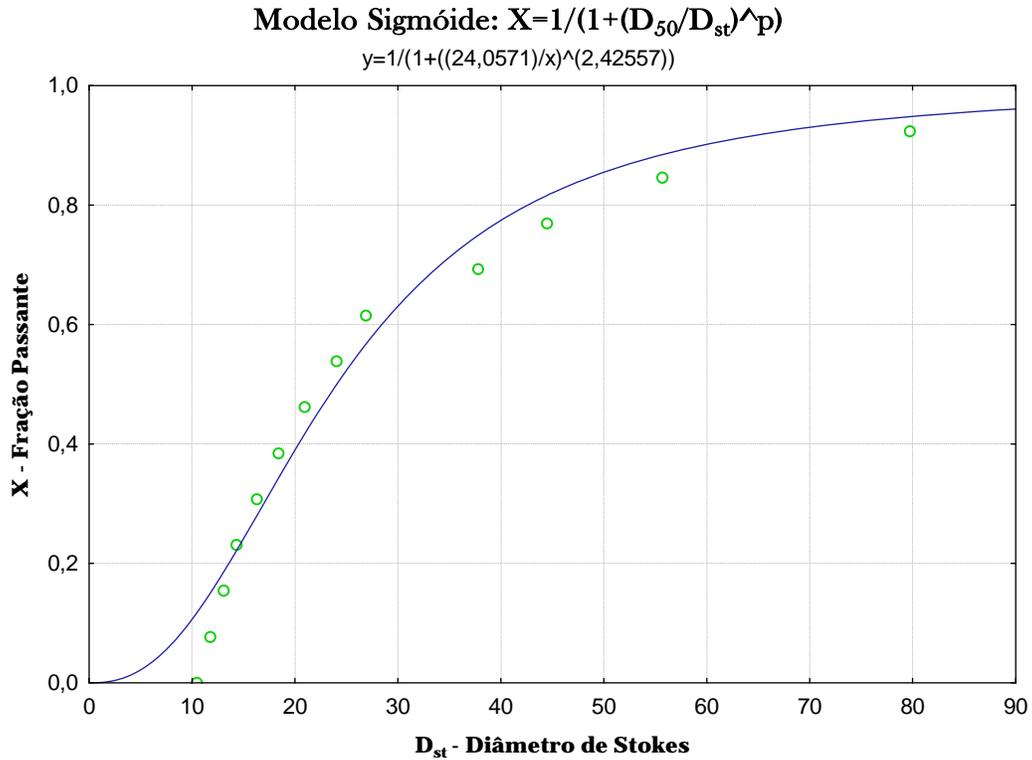


Figura 1 – Resultados obtidos para suspensão de CaCO₃ com a proveta de LADEQ

O diâmetro médio de Sauter (D_{st}) calculado foi de 23,3231 μm. Este tamanho de partícula é o que poderá ser utilizado em equações de projetos para representar a amostra experimental utilizada neste experimento. Abaixo, o histograma (Figura 2) que relaciona a fração retida em cada amostra com seu respectivo diâmetro de Stokes.

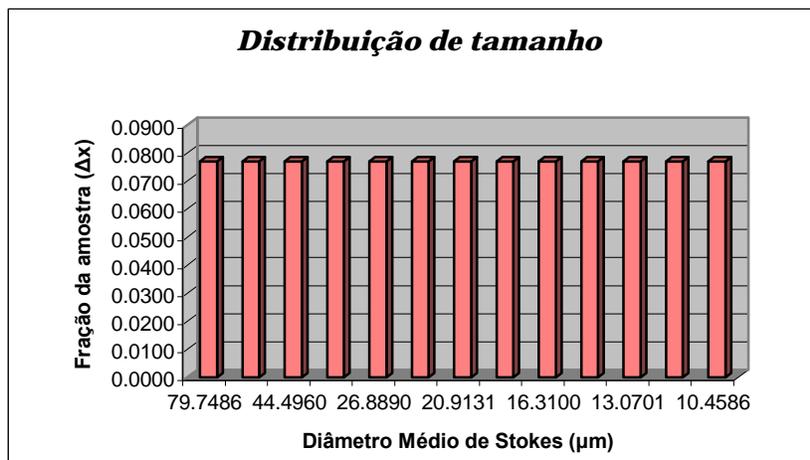


Figura 2 – Histograma da distribuição de partículas da suspensão de CaCO₃.

2) Viscosímetro Capilar

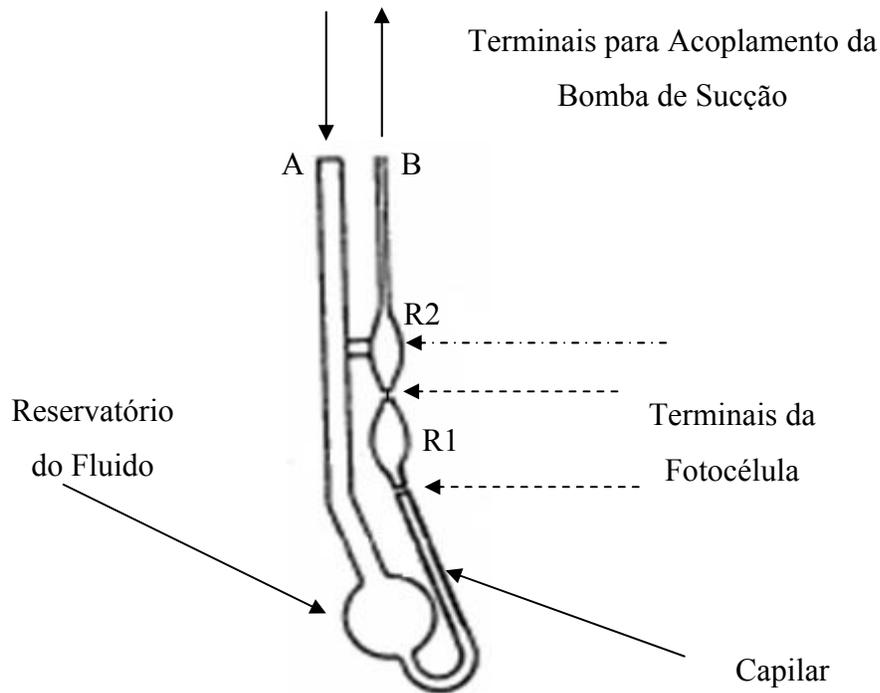


Figura 3 – Viscosímetro de Cãnõn-Fenske.

Este equipamento permite obter a viscosidade de substâncias em temperatura ambiente. A exceção da alimentação de fluido no reservatório, todo o processo de medida é feito automático. O experimentos duram cerca de 15 minutos, e portanto é possível realizar varias medidas e utilizar outros fluidos. Foram feitas tentativas de se trabalhar com o fluido aquecido, no entanto devido não haver termostatização, os resultados não foram concordantes com a literatura. Alunos de graduação utilizaram os dados de viscosidade para calcular o número de Avogadro (SZÉLL *et al.*, 1980; BEBEACHIBULI *et al.*, 1999; ROZENBERG, 2002). Surpreendentemente, a ordem de grandeza foi de 10^{23} o que mostra que pode ser útil nesta empreitada. No caso de pós-graduação, poder-se-ia tentar outros fluidos bem como criar uma maneira (com um banho de ar, por exemplo) de tornar o vaso de medida isotérmico.

3) Peneiramento – é o método clássico de se obter uma análise granulométrica. As peneiras (padronizadas) são agrupadas em ordem decrescente de mesh, de baixo para cima, ou em ordem crescente de diâmetro de peneira. Uma foto do conjunto para peneiramento é mostrada na Figura 4.

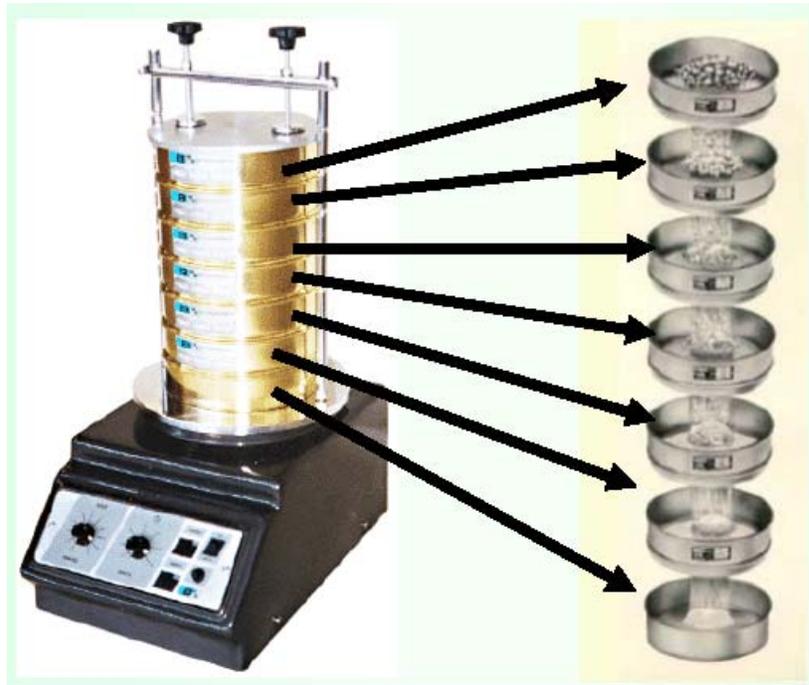


Figura 4 – Vibrador mais conjunto de peneiras.

Modelos de Distribuição Granulométrica

A aplicação de modelos estatísticos de distribuição que relacionam a quantidade de material com o tamanho das partículas de um dado sistema, facilita a manipulação dos dados e os cálculos computacionais. A utilização destes modelos torna mais simples o projeto dos equipamentos de separação de partículas.

Os modelos a 2 parâmetros de Gates-Gaudin-Shaumann (GGs), Rosin-Rammler-Bennet (RRB), Log- Normal (LN) e Sigmoide; descrevem satisfatoriamente a maioria dos casos de interesse tecnológico.

- a) **GGs - Gates-Gaudin-Shaumann – A estimativa dos parâmetros poderá ser feita através da regressão não linear ou ainda usando a regressão linear.**

$$X = \left(\frac{D}{k}\right)^m \longrightarrow \log X = m \log D - \log k$$

Parâmetros k e m
 se $x=1$; $D=k$
 $k = L$, $[X]=\text{adimensional}$, $[m]=\text{adimensional}$
 D_{100} para $X=1$
 D_{50} para $X=0,5$ - 50% das partículas tem diâmetro menor que D_{50}

Coefficiente angular \nearrow
Coefficiente linear \nwarrow

$$\frac{dX}{dD} = \frac{m}{k} \left(\frac{D}{k}\right)^{m-1}$$

se $m=1 \Rightarrow$ distribuição uniforme
 casos usuais $m>1$

- b) **RRB – Rosin, Rammler e Bennet**

$$X = 1 - e^{-\left(\frac{D}{D'}\right)^n}$$

Parâmetros D' e n

se $D=D'$ então: $x=1-e^{-1} = 0,632$ $D'=D_{63,2}$

$D' = L$, $[X]=\text{adimensional}$, $[n]=\text{adimensional}$

$$\frac{dX}{dD} = \frac{n}{D'} \left(\frac{D}{D'}\right)^{n-1} e^{-\left(\frac{D}{D'}\right)^n}$$

Regressão não Linear → Pacotes estatísticos ,exemplo: **Státística, Statgraphics, SAS etc.** (estimação dos parâmetros → métodos dos mínimos quadrados (MMQ))

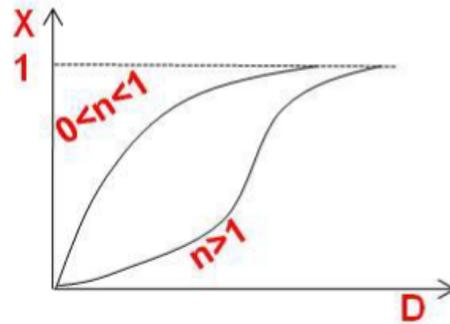
Linearização:

$$e^{-\left(\frac{D}{D'}\right)^n} = 1 - X$$

$$\left(\frac{D}{D'}\right)^n = \ln\left(\frac{1}{1-X}\right)$$

$$\rightarrow n[\ln D - \ln D'] = \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1-X}\right)\right]$$

Regressão linear, avaliação do R^2



40

c) Sigmóide:

$$X = \frac{1}{1 + \left(\frac{D_{50}}{D}\right)^p}$$

Parâmetros p e D_{50}

$D_{50} = L$, $[X]=\text{adimensional}$, $[p]=\text{adimensional}$

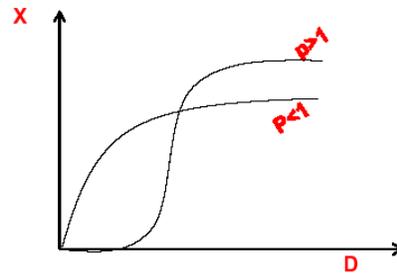
Regressão não linear ou linearização

$$1 + \left(\frac{D_{50}}{D}\right)^p = \frac{1}{X}$$

$$\left(\frac{D_{50}}{D}\right)^p = \frac{1}{X} - 1 = \frac{1-X}{X}$$

$$p[\log D_{50} - \log D] = \log\left(\frac{1-X}{X}\right)$$

$$\text{plotar : } \log D \text{ versus } \log\left(\frac{1-X}{X}\right)$$



4.) Determinação do Número de Avogadro

Um balanço de massa num sistema em que partículas estão num meio fluido decantando permite encontrar a seguinte equação:

$$N = \left(\frac{RT \ln\left(\frac{n1}{n2}\right)}{V_p (\rho_p - \rho_L) \cdot g \cdot (h2 - h1)} \right)$$

Em que : R: constante universal dos gases; T: temperatura absoluta em que foi realizado o experimento; n1: número de partículas na altura 1; n2: número de partículas na altura 2; Vp: volume da partícula; ρ_p : densidade da partícula; ρ_L : densidade do fluido; g: aceleração da gravidade; $h_2 - h_1$: diferença de altura entre os pontos de amostragem;

Para o experimento será necessário o seguinte material: carbonato de cálcio (com todas as especificações: diâmetro, densidade de partícula), água destilada, tubo de vidro dotado de dois pontos de amostragem com diferença de altura bem determinada entre os pontos de amostragem, seringas, vidrarias, estufa e balança analítica.

Na Fig. 5, temos um esboço da montagem experimental básica:

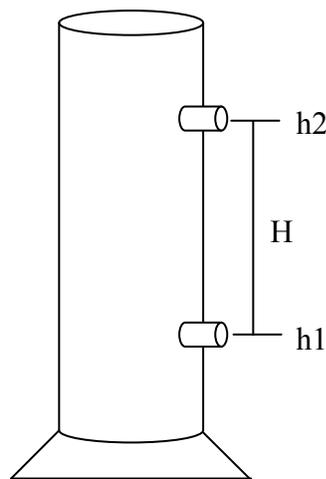


Figura 5-Esquema do aparato experimental.

5) Determinação da relação Cp/Cv ou coeficiente de Poison.

Material e equipamento: Ar comprimido; balão de vidro com capacidade de 25 a 30 litros; manômetro de tubo em U com Hg; rolhas; tubulações de borracha com abraçadeiras; válvulas; barômetro; termômetro.

A Fig. 6 apresenta uma foto da montagem experimental:



Figura 6 - Foto do aparato experimental

Este equipamento pode ser montado utilizando um garrafrão de parede espessa, um frasco contendo sílica para absorção de umidade, medidores de pressão ou manômetros em U contendo mercúrio e um compressor.

O gás é injetado no tanque até que nele seja atingida uma pressão maior que a pressão ambiente. Após a inserção do gás no vasilhame, aguardar alguns segundos até que o mesmo entre em equilíbrio térmico com as vizinhanças. Nesse instante, a pressão inicial do sistema (P_1) deve ser lida e anotada com base no desnível (H_1) do manômetro diferencial ($P_1 = P_{\text{atm}} + \rho g H_1$).

Após atingir o equilíbrio térmico com as vizinhanças, a válvula do tanque deve ser aberta totalmente de tal forma que o gás evacue o sistema o mais rápido possível até que a pressão interna do garrafrão se iguale à pressão atmosférica local (P_2). Neste instante, verifica-se que a temperatura interna do gás no interior do tanque será menor do que a temperatura das vizinhanças. Anotar esta temperatura. Com estes dados aplicados às equações para processo de compressão adiabática de um gás ideal e posterior resfriamento iso- volumétrico, pode-se obter o valor da relação C_p / C_v . Alunos de pós-graduação poderiam testar os dados do sistema utilizando equação de estado virial, bem como testar as equações de C_p disponíveis para gases, na literatura.

6) Entalpia de fusão e solubilidade.

Para o experimento, será necessário o seguinte material: Vaso de vidro pyrex encamisado e contendo dois pontos de amostragem (aberturas); indicador de temperatura junto com um termopar calibrado; um banho termostático; agitador magnético; barra de agitação magnética (peixinho); septos de borracha; água destilada; ácido benzóico PA; cloreto de sódio PA; estufa; solução 0,1M de hidróxido de sódio; béqueres; balança analítica e seringa de vidro.

A montagem experimental básica é esquematizada abaixo na Figura 7.

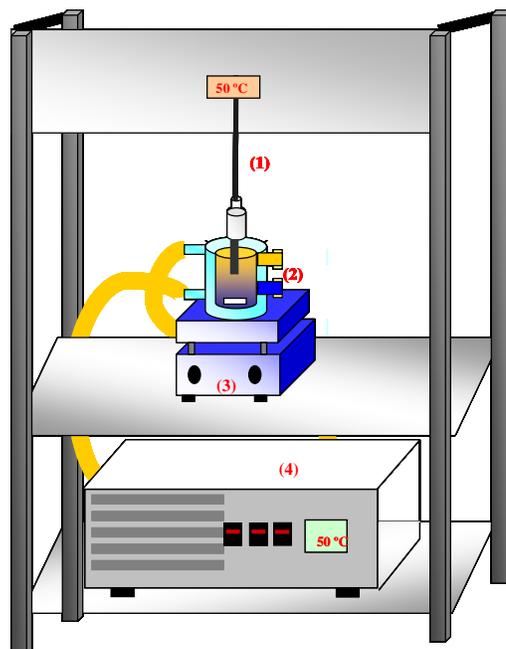


Figura 7 . Esquema da unidade Experimental

Procedimento Experimental. (OLIVEIRA *et al.*(2006)).

Colocar os septos de borracha nas aberturas dos pontos de amostragem. Em seguida conecte a célula ao banho termostático, colocando dentro dela a barra de agitação magnética e apoiando a mesma sobre o agitador magnético. Pese a quantidade de eletrólito a ser utilizada no experimento (cerca de 15 g de NaCl e 3 g de ácido benzóico) e complete o volume útil da célula com água destilada (+ ou – 50 mL de água).

Agitação, decantação e amostragem.

Se o eletrólito para o qual se for medir a solubilidade for o sal, procede-se a um tempo de agitação de 1,5 h, seguido de um tempo de decantação de 3 h.

Se o eletrólito para o qual se for medir a solubilidade for o ácido, procede-se a um tempo de agitação de 1 h, seguido de um tempo de decantação de 2 h. (A escolha dos tempos de agitação e decantação está intimamente ligada à questão do equilíbrio do sistema e está descrita em PIRES , (2007)

Nos dois casos (sistemas salinos e ácidos) deve ser colocada uma massa de eletrólito que mesmo após os tempos de agitação e decantação permaneça uma pequena quantidade de eletrólito sem solubilizar, garantindo que tenha sido atingido o equilíbrio sólido-líquido.

A amostragem deve ser feita cuidadosamente através do uso de uma seringa de vidro, tomando muito cuidado para que não sejam puxados pela seringa traços de eletrólito que estejam no fundo da célula não solubilizados. Para os sistemas salinos será amostrado um volume de 3 cm³. Já no caso dos sistemas ácidos deve ser amostrado um volume de 10 cm³. Para o sistema salino a determinação da solubilidade será feita através de gravimetria (técnica usada para eletrólitos que não são termicamente instáveis e que consiste em secar a amostra e pesá-la periodicamente até massa constante).

Já no caso do sistema ácido a determinação da solubilidade será feita através de titulometria. (A amostra deve ser titulada com solução 0,1M de NaOH). De posse dos volumes gastos de solução de hidróxido para titular a amostra e o volume da própria amostra, consegue-se inferir a concentração de ácido na mistura sobrenadante que estava dentro da célula de equilíbrio. As solubilidades podem ser calculadas em qualquer concentração possível.

7) Coeficiente de Joule-Thompson (μ_{J-T})

A Fig. 8 que se segue apresenta uma das formas de se determinar o coeficiente de Joule-Thompson de um gás em função da temperatura. Neste caso, deseja-se medir a variação de temperatura e de pressão que ocorre quando um gás qualquer passa por um acidente em sua linha, que pode ser uma placa porosa, como no desenho a seguir. O processo é rápido e pode ser considerado adiabático. Aplicando-se a primeira lei da termodinâmica, notas-e que ele é isoentálpico.

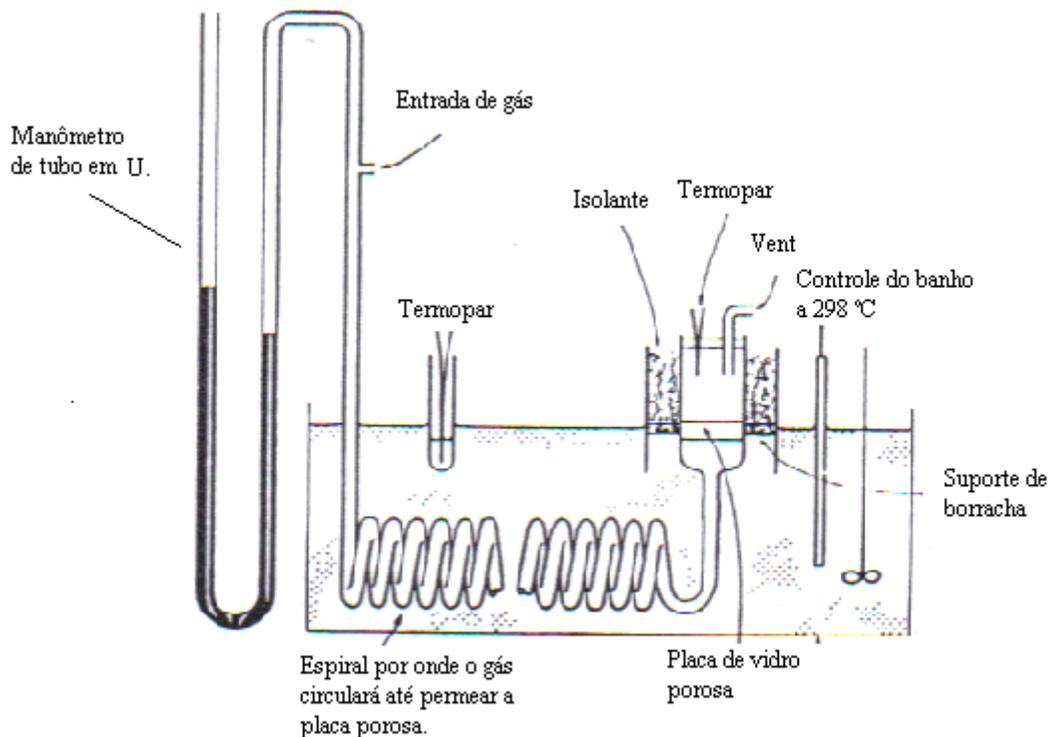


Figura 8. Esquema básico do aparato experimental. (extraído de [4])

Procedimento Experimental: A válvula que se encontra na saída do vaso que contém o fluido (gás) de trabalho deve ser aberta com cuidado de maneira a alimentar o gás para o sistema. Ajusta-se uma vazão em torno de 30 a 300 mL/min. A vazão do gás é determinada por bolhômetro. O manômetro ligado à linha de gás deve indicar um desnível razoável para a leitura da pressão. Para uma temperatura fixa do banho termostático, no caso do gás alimentado ao sistema, reduz-se a pressão lentamente de até conseguir desníveis bem pequenos no manômetro de tubo em U. Para cada valor de ΔP , aguardar 2 min para que se fixe o valor da pressão e anotar os valores de ΔP e ΔT . Repetir o procedimento para distintos valores de ΔP .

Visando estudar o efeito da temperatura, pode-se variar a temperatura do banho termostático, e, portanto a do gás alimentado e repetir o procedimento anterior. A bibliografia ilustra os seguintes valores para o coeficiente de Joule – Thomson de alguns gases:

Tabela 1. Coeficientes Joule-Thomson a 20 °C e 10⁵ Pa, constantes de Van der Waals e capacidades caloríficas à pressão constante para alguns gases.

Gás	$\mu_{JT} \times 10^5 / \text{kPa}^{-1}$	$a / \text{m}^6 \text{ Pa mol}^{-2}$	$b \times 10^4 / \text{m}^3 \text{ mol}^{-1}$	$c_P / \text{JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
CO ₂	1,16	0,36551	0,42816	37,11
N ₂	0,26	0,13661	0,26665	29,12

Alunos que cursam pós-graduação podem avançar neste experimento deduzindo a equação do coeficiente de Joule-Thomson a partir da definição e determinando o valor teórico aplicando equações cúbicas para o comportamento volumétrico de gases bem como a equação virial com o segundo coeficiente calculado por uma correlação.

8) Capacidade calorífica de metais. (SILVA *et al.*, (2003); MATTOS e GASPAR (2003); MATTOS e GASPAR, (2002); AIDO *et al.* (1982)).

A Figura 9 ilustra um esquema do equipamento experimental que deve ser empregado para este experimento. Ele compõe-se de um bloco maciço de metal (alumínio, ferro etc...) mergulhado em água dentro de um vaso de troca térmica que poderá ser um bēquer de vidro ou um recipiente de alumínio. Uma manta térmica permite o aquecimento do fluido ou do bloco. Utiliza-se uma balança (resolução: $\pm 10^{-2}$ g) para pesagem do bloco e do fluido térmico. Um termômetro digital (precisão: 0,1 °C) calibrado é usado para medir a temperatura do fluido no interior do vaso de troca térmica.

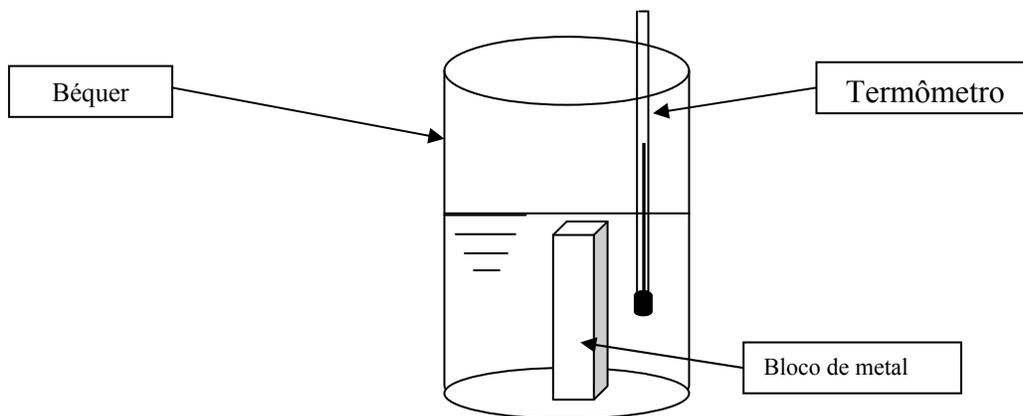


Figura 9. Esquema da montagem experimental

Inicialmente, adiciona-se um determinado volume de água (aproximadamente 400 mL) no bēquer (recipiente de troca térmica). Com um termômetro de vidro ou similar lê-se a temperatura ambiente. Determinando-se a massa do bloco. Subsequentemente, a água é aquecida a uma temperatura de 60°C, aproximadamente. Coloca-se o termômetro no interior da água e passamos a medir o decaimento de sua temperatura em intervalos de um minuto, o que vai possibilitar a construção da curva de resfriamento, que representa a perda de calor do sistema inicial (água) para a vizinhança. Quando a temperatura atingir cerca de 45°C, aproximadamente, o bloco de metal (corpo metálico) é imerso na água (neste momento o sistema passa a ser água + bloco

metálico). A partir desse instante é necessário medir a temperatura da água a cada 5 segundos até que a taxa de decaimento da temperatura retome o ritmo anterior à imersão do bloco, quando voltamos a medir em intervalos de um minuto.

Resultados Esperados.

Obtidos os dados, constrói-se o gráfico da temperatura da água, $T(^{\circ}\text{C})$ pelo tempo $t(\text{s})$ (Figura 10 e 11). O gráfico será dividido em três partes. A primeira (parte I) mostra a curva de resfriamento, que descreve o processo de transferência de calor do sistema (água) para o ambiente. A parte II representa predominantemente o processo de troca de calor no interior do sistema (água e bloco de alumínio). Nesse intervalo de tempo a perda de calor do sistema para o ambiente pode ser descrita extrapolando-se a curva correspondente à fase I. A parte III mostra o retorno à taxa anterior de transferência de calor do sistema para a sua vizinhança representada na parte I.

A temperatura inicial do sistema não pode ser a temperatura no momento em que começa a interação entre a água e o bloco de alumínio, pois durante o experimento, o sistema está trocando continuamente calor com a vizinhança. Este é um dos propósitos deste trabalho, mostrar de forma simples que é possível, usando as curvas de resfriamento, obter a temperatura inicial efetiva (ou corrigida) do sistema, que será aplicada na equação de balanço para o cálculo do calor específico do sólido.

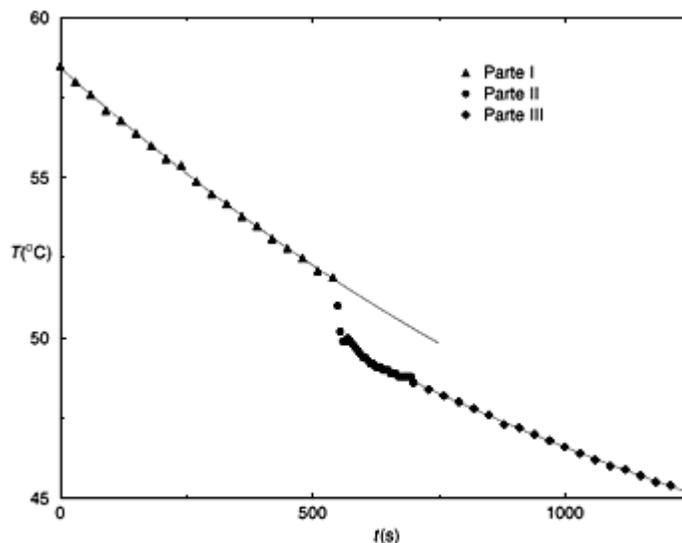


Figura 2. Curva de calibração (parte I), período de troca de calor entre a água e o bloco de alumínio (parte II), volta ao estado inicial de perda estável de calor (parte III). [2]

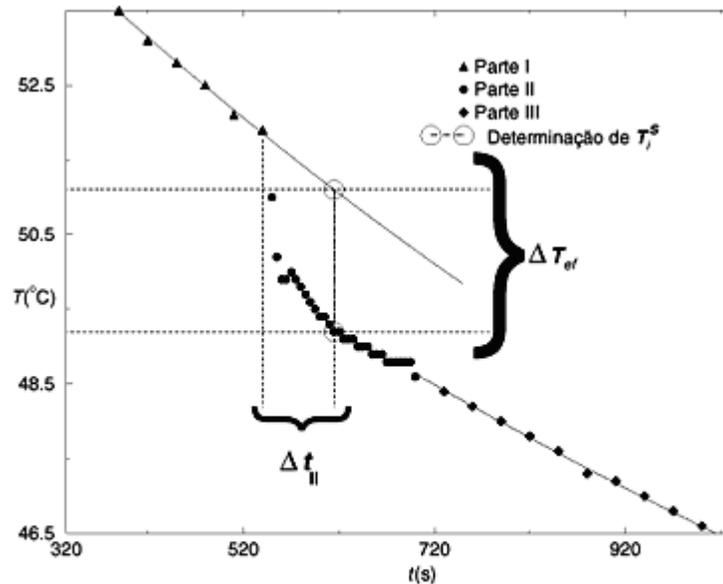


Figura 3. Determinação da temperatura inicial corrigida da água e da temperatura final do sistema: $T_q = 51,1\text{ °C}$ e $T_f = 49,2\text{ °C}$ [2]

Figura 10-11 – Gráficos mostrando o procedimento de obtenção da temperatura de equilíbrio.

No caso da pós-graduação o aluno pode ser motivado a buscar dados para comparação de C_p de metais em manuais, melhorarem a metodologia experimental e até propor equações para representar C_p em função da temperatura. Pode-se exercitar ainda, com os dados experimentais para determinação do coeficiente de película convectivo (h) metal-água.

3. CONCLUSÕES

Globalmente, é possível aproveitar experimentos simples de graduação que podem ser executados num curto intervalo de tempo e com baixo custo, para estudantes de pós-graduação. De um lado, teorias mais complicadas, bem como procedimentos mais difíceis podem ser utilizados, visando elevar o nível do estudo e incentivando o aspecto experimental para o futuro mestre. Por outro lado, a motivação em buscar aprofundamento no assunto já estudado na graduação, em pesquisas bibliográficas, por exemplo, auxilia na iniciação da revisão que o mestrando fará, obrigatoriamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao PPGEQ-UFU pelos recursos para desenvolvimento dos trabalhos experimentais de doutorado de Mauro Lucio O. Naves. Aos alunos de graduação de LEQ-1- 2008 pela concessão de resultados experimentais coletados durante a disciplina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] AIDO, A.; PONTE, M^a ; MARTINS, M^a A.; BASTOS, M^a G.; PEREIRA, M^a J.; LEITÃO, M^a M.; CARVALHO, **Revista de Física** – Vol. II, Livraria Sá da Costa Editora, Lisboa, 1^a edição, 1982.

[2] BEBEACHIBULI, L.H. LIBARDI E V.S. BAGNATO, Determinando o número de Avogadro pelo método de J. Perrin. *RBEF* 21, 447, 1999.

[3] CASTELLAN, G. W.; FÍSICO-QUÍMICA, Ed. Livros Técnicos e Científicos, 489 p. 1982.

[4] INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. Editora LTC, 5^a edição, 698 p. 2003.

[5] MATTOS, C; GASPAR, A. Uma medida do calor específico sem calorímetro. *Rev. Bras. Ens. Fis.* 25(1), 2003.

[6] MATTOS, C. R. e GASPAR, A. Introducing specific heat through cooling curves, *Phys. Teach.*, 40(7), 415, 2002.

[7] MATTHEWS, P.; Experimental Physical Chemistry, Published in a United States by Oxford University Press, New York, 495 p. 1985.

[8] OLIVEIRA, A. C.; COELHO, M. G.; PIRES, R. F.; FRANCO JÚNIOR, M. R. Solubility of Benzoic Acid in Mixed Solvents. *J. Chem. Eng. Data* 52, 298-300, 2006.

[9] PIRES, R. F. Determinação Experimental da Solubilidade de Eletrólitos em Solventes Puros e Misturas Binárias de Solventes. 78p. Dissertação de Mestrado, FEQUI -UFU, Uberlândia, 2007.

[10] PRAUSNITZ, J. M.; LICHTENTHALER, R. N.; DE AZEVEDO, E. G. Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria. 3rd edition. Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences, 1999.

[11] ROZENBERG, I. M., QUÍMICA GERAL, 1^o ed , Editora Edgar Blücher Ltda, 2002.

[12] SZÉLL, T., DENIS, D., JOUAS, J.P. An approximate determination of Avogadro's constant. *Journal of Chemical Education*, v. 57, n. 10, p. 735-736, 1980.

[13] SILVA, W. P; PRECKER, J. W.; SILVA, C. M. D. P. S; SILVA, D. D. P. S.; SILVA, C. D. P. S. Medida de calor específico e lei de resfriamento de Newton: um refinamento na análise dos dados experimentais. *Rev. Bras. Ens. Fis.* 25(4), 2003

[14] WALAS, S. Phase Equilibria in Chemical Engineering. Butterworth Pub., 1985.

ANALYSES OF THE INTEGRATION BETWEEN GRADUATE AND POSTGRADUATE EXPERIMENTAL STUDIES IN PHYSICAL CHEMISTRY FIELD.

Mauro L. N. Oliveira¹ ; Altamirando C. R. Neto² ; Moilton R. Franco Júnior³

^{1,2,3} Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Química , FEQUI – Avenida João Naves de Ávila , 2121 – 38408 100 Santa Mônica – Uberlândia MG

Abstract: It is believed that the most experimental classes in graduate courses can be applied for graduated students. Efforts have been made to solve this paradigm in courses in the physical chemistry field at Universidade Federal de Uberlândia..

Related to chemical engineering graduation, there are many examples of experiments that the approaching can be deeper when applied to the postgraduate studies.

In this work, it will be presented a proposal of integration of some experiments performed in the Chemical Engineering undergraduate course that could be utilized for the postgraduate course. It will be discussed the aspects referred to the cares in the way to obtain the experimental data, advanced theories and so on. .

Keywords : *teaching , undergraduate, graduate, physical chemistry.*