

## ESTUDO DA VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DE DETERGENTES UTILIZANDO UM DENSÍMETRO DIGITAL

*D.M.E.Santo Filho<sup>1</sup>, E.C.C.Farias<sup>1</sup>, J.J.P.Santos Júnior<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Divisão de Metrologia Mecânica, Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém, Duque de Caxias, R.J., CEP 25250-020, Brasil, [laflu@inmetro.gov.br](mailto:laflu@inmetro.gov.br)

**Resumo:** No mercado brasileiro, existem várias marcas de detergentes utilizadas para uso doméstico. Nos dias atuais, observa-se que não há um consenso entre os fabricantes, no que diz respeito à unidade posta nas embalagens que são vendidas ao consumidor. A maioria dos produtos é apresentada em unidade de volume, mas também existem outros que são apresentados em unidades de massa. Este artigo estuda o comportamento da massa específica de oito destes detergentes que são comercializados, com relação à temperatura. A massa específica está relacionada à massa e ao volume. As amostras foram medidas em um densímetro digital, variando-se a temperatura de 18°C a 25°C. Foram posteriormente calculadas as incertezas de medição e feitos os gráficos de variação de massa específica com relação à temperatura.

**Palavras chave:** detergentes, massa específica, densímetro digital.

### 1. INTRODUÇÃO

A massa específica de líquidos pode ser obtida de diversas formas, entre elas, por picnômetros, densímetros de vidro e densímetros digitais.

Neste trabalho serão inseridas, em um densímetro digital, amostras de vários detergentes, e medidas suas respectivas massas específicas. Torna-se interessante saber a massa específica dos detergentes, uma vez que, através dela, podem ser determinadas, ou a massa ou o volume contido na embalagem. O produto comercializado vem com uma indicação ( de massa ou de volume ). A partir dos dois parâmetros mencionados, pode-se fazer uma verificação do terceiro.

Os densímetros digitais são instrumentos de medição de massa específica que estão ganhando espaço devido à facilidade de utilização. Com estes instrumentos, podem ser feitas medições com amostras muito pequenas, com relação aos densímetros de vidro. Com eles, também não há a necessidade de se ter um grande espaço físico para

armazenamento de soluções-padrão, com diversos valores de massa específica. Além disso, a temperatura do compartimento em que o fluido é posto pode ser variada de forma bastante rápida, evitando-se, deste modo, que se perca um tempo considerável trocando-se soluções para medição e estabilizando-se banhos. Devido a esta facilidade de utilização, optou-se pela utilização deste instrumento para a realização deste estudo.

Será apresentada a comparação entre as massas específicas dos detergentes, por intermédio de um gráfico massa específica x temperatura. Também serão mostrados gráficos indicativos de uma considerável variação de volume e de massa específica em função da temperatura.

### 2. PROCEDIMENTO

As amostras de detergentes foram postas em um densímetro digital. O compartimento que armazena as amostras para medição é um tubo em formato de U. Elas são postas por intermédio de uma seringa hipodérmica. Deve-se tomar o cuidado de se preencher completamente o tubo, uma vez que a presença de bolhas faz com que a leitura não seja correta.



Fig.1 Tubo em U do Densímetro Digital

Mesmo sendo tomados todos os cuidados ao se preencher com a amostra o tubo em U, ainda pode haver a formação de bolhas. Para minimizar este problema, as amostras foram previamente deaeradas. Os resultados de massa específica da água e do ar já são previamente conhecidos [1] e já estão na memória do instrumento.

Para cada temperatura, foram feitas duas medições de cada amostra, entre 18°C a 25°C, variando-se 1°C para cada medição.

O tubo é eletromagneticamente excitado para vibrar à frequência natural do líquido que é posto nele [2]. Os períodos e frequências de oscilação são função da massa específica do líquido [3].

## 4. EQUAÇÕES

### 4.1 Determinação Da Massa Específica Do Líquido

A equação [5] para determinação da massa específica do líquido indicada no densímetro digital é:

$$\rho_{Li} = \rho_a - F_v \cdot (t_{va}^2 - t_{vL}^2) + \delta\rho_a + \delta\rho_L(T) + \delta R(\rho_L) + \delta D \quad (1)$$

Onde:

$\rho_{Li}$  = Massa específica do líquido indicado no densímetro digital, em g / cm<sup>3</sup>

$\rho_a$  = Massa específica do ar indicada no densímetro digital, em g / cm<sup>3</sup>

$F_v$  = valor indicado para determinação do Fator interno de calibração g/cm<sup>3</sup>

$t_{va}$  = valor indicado diretamente proporcional ao período de oscilação do ar

$t_{vL}$  = valor indicado diretamente proporcional ao período de oscilação do líquido

$\delta\rho_a$  = Variação da massa específica do ar durante a medição da solução, em g/cm<sup>3</sup>

$\delta\rho_L(T)$  = Variação da massa específica do líquido

$\delta R(\rho_L)$  = Repetitividade das medições (aleatório)

$\delta D$  = Correção devido ao amortecimento (oscilação) do fluido

### 4.2 Equação para determinação da massa específica do líquido corrigido no densímetro digital:

$$\rho_{Lpc} = \rho_{Lp} - \beta \cdot (T_{ic} - T_{Lp}) \quad (2)$$

Onde:

$\rho_{Lpc}$  = Massa específica do líquido no padrão corrigida, em g/cm<sup>3</sup>

$\rho_{Lp}$  = Massa específica do líquido medida no padrão, em g/cm<sup>3</sup>

$\beta$  = Variação da massa específica do líquido para  $\Delta t = 1$  °C

$T_{ic}$  = Temperatura indicada no densímetro digital corrigida em °C

$T_{Lp}$  = Temperatura do líquido indicado no padrão em °C

## 5. RESULTADOS

As tabelas abaixo mostram os resultados encontrados para os oito detergentes estudados. São mostradas duas tabelas que indicam a variação de volume com relação à temperatura. A faixa de medição de temperatura varia de 18°C a 25°C. Além destes valores, também é mostrado um valor extrapolado para 40°C.

Observem que em uma faixa de 22°C há uma variação de volume, para todos os detergentes estudados, de mais de 3 cm<sup>3</sup>.

Já para massa, isso não ocorre. Se, por exemplo, uma quantidade de líquido for posta em um picnômetro, à temperatura de 20°C, e este for fechado e aquecido até 25°C, a massa específica do líquido diminuirá e os volumes, tanto do material do picnômetro, quanto do líquido, aumentarão. A variação de massa, no entanto, será desprezível em comparação com as outras grandezas de entrada.

Não foram consideradas as massas das embalagens (só as massas específicas dos detergentes são objeto de estudo). Também não foram verificadas se as quantidades indicadas nas embalagens (usualmente 500 ml ou 500 g) estão corretas. Foi considerado, como condição inicial, que cada embalagem possui 500 g de detergente, para que seja mostrada a variação de volume com relação à temperatura.

Tab.1 Volume dos quatro primeiros detergentes de acordo com a temperatura

T °C	1 Volume	2 Volume	3 Volume	4 Volume
18	489,35648	489,50742	488,21666	488,24533
19	489,49079	489,64182	488,35990	488,37425
20	489,63719	489,79081	488,50481	488,51199
21	489,81161	489,96284	488,67683	488,68398
22	489,99879	490,14534	488,84875	488,86305
23	490,15782	490,30684	488,99767	489,01673
24	490,31681	490,46832	489,13219	489,16319
25	490,47603	490,63002	489,26214	489,30986
40	492,94560	493,09738	491,59152	491,66988

Tab.2 Volume dos quatro últimos detergentes de acordo com a temperatura

T °C	5 Volume	6 Volume	7 Volume	8 Volume
18	490,09302	487,03484	489,49084	494,49234
19	490,19891	487,15598	489,60171	494,58799
20	490,31979	487,28473	489,44480	494,69697
21	490,47019	487,44268	489,84065	494,83267
22	490,62663	487,61361	489,98944	494,98242
23	490,76430	487,75716	490,11243	495,10725
24	490,89710	487,89828	490,23777	495,21729
25	491,03009	488,03961	490,36089	495,35696
40	493,10550	490,26034	492,27333	497,25016

A tabela abaixo mostra a variação de massa específica com relação à temperatura.

Tab.3 Massa Específica dos quatro primeiros detergentes de acordo com a temperatura

T	1	2	3	4
°C	$\rho$	$\rho$	$\rho$	$\rho$
18	1,02175	1,02144	1,02415	1,02408
19	1,02147	1,02115	1,02385	1,02381
20	1,02116	1,02084	1,02354	1,02352
21	1,02080	1,02049	1,02317	1,02316
22	1,02041	1,02011	1,02281	1,02278
23	1,02008	1,01977	1,02250	1,02246
24	1,01975	1,01943	1,02221	1,02215
25	1,01942	1,01910	1,02195	1,02185
40	1,01432	1,01400	1,01711	1,01695

Tab.4 Massa Específica dos quatro últimos detergentes de acordo com a temperatura

T	5	6	7	8
°C	$\rho$	$\rho$	$\rho$	$\rho$
18	1,02022	1,02662	1,02149	1,01117
19	1,01999	1,02637	1,02125	1,01097
20	1,01974	1,02610	1,02104	1,01073
21	1,01943	1,02576	1,02075	1,01045
22	1,01911	1,02541	1,02044	1,01014
23	1,01882	1,02511	1,02018	1,00990
24	1,01854	1,02481	1,01991	1,00966
25	1,01827	1,02452	1,01966	1,00942
40	1,01398	1,01987	1,01569	1,00553

A tabela abaixo mostra o estudo das incertezas [5] [6] de medição com relação à massa específica.

Tab.5 contribuições de cada grandeza de entrada

Detergente	Incerteza Expandida g / cm <sup>3</sup>	Incerteza Combinada g / cm <sup>3</sup>	Fator de Abrangência k
1	0,00020	0,00010	2,017
2	0,00021	0,00010	2,019
3	0,00023	0,00011	2,010
4	0,00021	0,00010	2,020
5	0,00021	0,00010	2,022
6	0,00023	0,00011	2,016
7	0,00024	0,00012	2,025
8	0,00033	0,00016	2,015

Abaixo são mostradas as variações de massa específica com relação à temperatura, para os oito detergentes estudados. Esta figura já leva em consideração correções de massa específica.

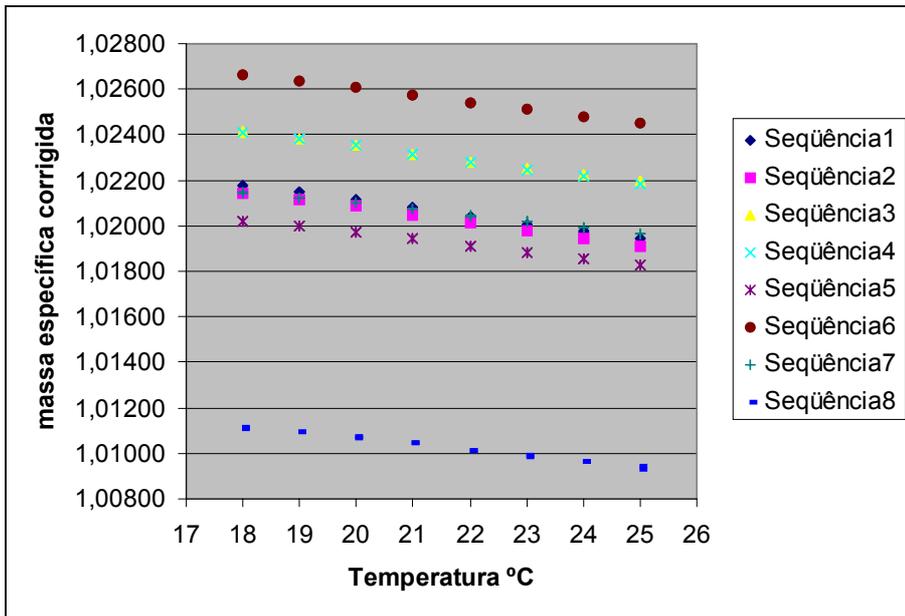


Figura 2 Massa Especifica Corrigida x Temperatura

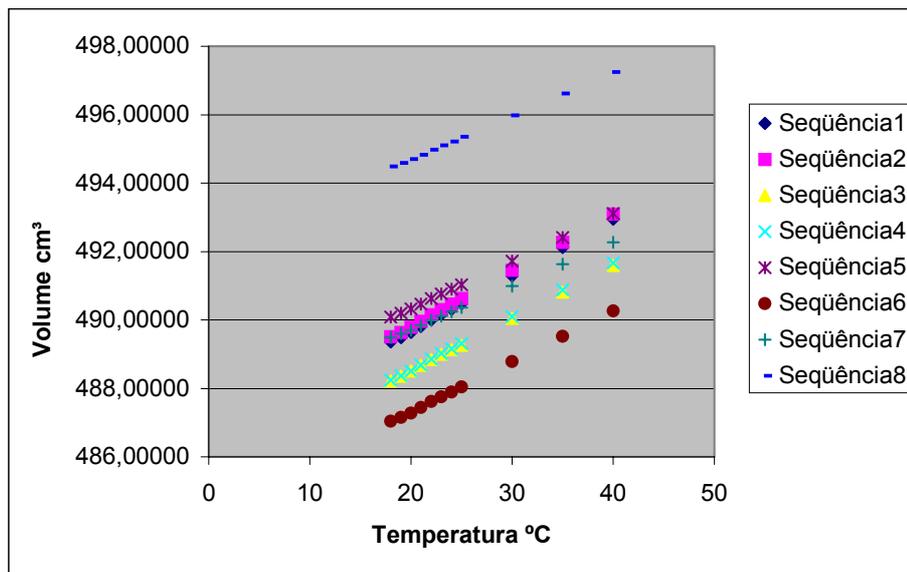


Figura 3 Volume corrigido x Temperatura

## CONCLUSÃO

Os produtos estudados possuem massa específica entre  $1,008\text{g} / \text{cm}^3$  e  $1,027\text{g} / \text{cm}^3$ .

Foram observadas variações de massa específica e de volume, com relação à temperatura, aparentemente pequenas para todas as amostras de detergentes estudadas. Se for analisada somente uma embalagem, a perda não parece grande. Porém, se for considerado que são vendidas dezenas de milhares de unidades destes produtos por mês, a perda, em  $\text{cm}^3$ , é considerável.

Uma representação por massa é mais adequada para os consumidores. Com uma balança ao lado e sabendo-se o valor da massa da embalagem ( com as devidas tolerâncias ), eles mesmos podem fazer uma verificação superficial da massa total do produto e da embalagem.

Da mesma forma, uma verificação detalhada, por parte da Diretoria de Metrologia Legal, Setor de Pré-Medidos, pode ser de mais fácil compreensão para os consumidores, se for feita por massa em vez de feita por volume.

Há necessidade de se fazer estudos nos detergentes com relação a outras grandezas, tais como viscosidade, visto que há detergentes que são classificados pelas empresas como géis e outros como líquidos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos às colegas Fabiana, Aline e Maria Auxiliadora, da Diretoria de Metrologia Legal, Setor de Pré-medidos, por nos fornecerem o material para que este estudo pudesse ser realizado e por nos darem esclarecimentos com relação a portarias e regulamentações existentes sobre o assunto.

Agradecemos a José Renato, Claudio e Valter Aibe, da Diretoria de Metrologia Científica, Divisão de Metrologia Mecânica, pelas sugestões.

## REFERÊNCIAS

- [1] ISO 15212-1 Oscillation-type density meters – Part 1: Laboratory Instruments, First Edition, 1998-10-01.
- [2] S.V.Gupta, "Practical Density Measurement and Hydrometry", Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia, 2002.
- [3] ISO 15212-1 Oscillation-type density meters – Part 2: Process instruments for homogeneous liquids, First Edition, 2002-03-01.
- [4] Vocabulário de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia – Portaria Inmetro, nº 29, de 10/3/95.
- [5] Aibe, V.Y., 2002, "Curso de Estatística e Cálculo da Incerteza de Medição". Curso realizado no Inmetro.
- [6] Couto, P.R., Guimarães, 2002, "Curso de Incerteza de Medição de Análises Químicas". Curso realizado no Inmetro.
- [7] Vocabulário Internacional de Metrologia Legal - Portaria Inmetro , nº 102, de 10/6/98.

---

**Autores:** M.Sc. Dalni Malta do Espírito Santo Filho, Inmetro (Diretoria de Metrologia Científica e Industrial / Divisão de Metrologia Mecânica / Laboratório de Fluidos ), Av. Nossa Senhora das Graças, 50, CEP 25250-020, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil, Tel 55 (21)2679-9041, dsfilho@inmetro.gov.br

Técnica em Metrologia, Estela Cristina Cavalcante de Farias, Inmetro (Diretoria de Metrologia Científica e Industrial / Divisão de Metrologia Mecânica / Laboratório de Fluidos ), Av. Nossa Senhora das Graças, 50, CEP 25250-020, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil, Tel 55 (21)2679-9040, ecfarias@inmetro.gov.br

M.Sc. José Júlio Pinheiro dos Santos Júnior, Inmetro (Diretoria de Metrologia Científica e Industrial / Divisão de Metrologia Mecânica / Laboratório de Fluidos ), Av. Nossa Senhora das Graças, 50, CEP 25250-020, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brasil, Tel 55 (21)2679-9040, jjjunior@inmetro.gov.br