

# ANÁLISE EXPERIMENTAL DA MOLHABILIDADE DO ÓLEO LUBRIFICANTE EM SUPERFÍCIES SÓLIDAS CONSIDERANDO A ABSORÇÃO DE REFRIGERANTE

Thiago R. Vieira E., thiagorve@polo.ufsc.br  
Rodrigo A. Pizarro R., rpizarro@polo.ufsc.br  
Jader R. Barbosa Jr., jrb@polo.ufsc.br  
Polo - Laboratório de Pesquisa em Refrigeração e Termofísica  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Florianópolis, SC, Brasil

## RESUMO:

O presente trabalho avalia experimentalmente a molhabilidade do óleo lubrificante em diferentes configurações geométricas de aço carbono e condições de operação. Para isso, foi construída uma bancada de teste devidamente instrumentada. A partir dos resultados, observou-se que o aumento da solubilidade na mistura (POE ISO 10 + R134a), gera um aumento na molhabilidade (espalhamento) do óleo e, conseqüentemente, no efeito de adesão em ambas as superfícies.

**PALAVRAS CHAVE:** molhabilidade, solubilidade, ângulo de contato

## ABSTRACT:

This work evaluates experimentally the wettability of lubricant oil on different geometries of carbon steel and operation conditions. Thus, an apparatus was built and properly instrumented. The experimental results helped to see that the increase of the solubility of the mixture (POE ISO 10 + R134a) increase the wettability of oil and, as a consequence, the adhesion effect in both surfaces.

**KEY-WORDS:** wettability, solubility, contact angle

## INTRODUÇÃO

O conceito de molhabilidade está associado à interação de um líquido com uma superfície sólida ou com outro fluido. Segundo Johnson e Dettre (1993) tais interações podem levar ao espalhamento do líquido sobre uma superfície, à penetração do líquido num meio poroso ou ao escoamento do fluido sob a forma de gotas sobre uma superfície sólida. Zisman (1964) observou que a determinação do ângulo de contato é de suma importância para caracterizar a molhabilidade de um fluido.

No presente estudo, construiu-se uma bancada de teste para quantificar o fenômeno de molhabilidade do óleo lubrificante (POE ISO10) em diferentes superfícies (Aço Carbono 1020 - Esfera-Esfera e Esfera-Placa) e níveis de solubilidade (R134a - Temperatura e Pressão).

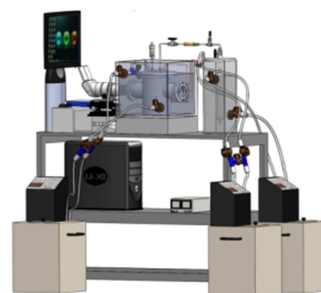
## BANCADA EXPERIMENTAL

Na literatura aberta, diversos métodos foram propostos para a medição do ângulo de contato – ver Neumann e Good (1979) - no entanto, a maioria desses métodos não possui viabilidade prática quando as substâncias a serem investigadas são voláteis e possuem altas

pressões de vapor, como é o caso do R134a utilizado no presente trabalho.

## Descrição da Bancada Experimental

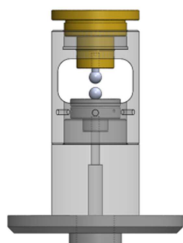
O diagrama esquemático e os diferentes equipamentos da bancada de teste para medição do ângulo de contato com efeito de absorção de gás refrigerante no lubrificante são apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Bancada de teste para medição de ângulo de contato e espalhamento.

Primeiramente, um recipiente de aço inoxidável foi projetado para permitir o controle da pressão e da temperatura do gás refrigerante no seu interior. Além disso, o recipiente conta com duas janelas, diametralmente opostas, para a visualização e iluminação da gota de óleo

lubrificante posicionada entre as superfícies. A janela frontal é usada pela câmera de alta resolução para a captação das imagens. No outro extremo, é instalado o sistema de iluminação que consta com um módulo de regulagem da intensidade luminosa da lâmpada. Na parte interna do recipiente, é posicionado o sistema de alinhamento e suporte das superfícies (esferas e placas), Figura 2.



**Figura 2.** Sistema de posicionamento das superfícies (Esferas e Placas).

Por último, o recipiente encontra-se imerso em um tanque mantido à temperatura constante pela circulação de água proveniente de um banho termostático e instrumentada virtualmente com o software LabView medindo-se a Temperatura e a Pressão.

### Procedimento Experimental

O cerne do experimento consiste em medir os ângulos de contato superior ( $\theta_s$ ) e inferior ( $\theta_i$ ) do menisco de óleo formado entre as superfícies e os ângulos de espalhamento superior ( $\beta_s$ ) e inferior ( $\beta_i$ ) em diferentes níveis de solubilidade ( $\omega$ ). Dessa forma as variantes dos diferentes testes são: superfícies, afastamento ( $h$ ), massa de refrigerante ( $m_g$ ) e temperatura ( $T$ ).

Para as medições dos ângulos foi adotada uma sequência de passos para minimizar os erros:

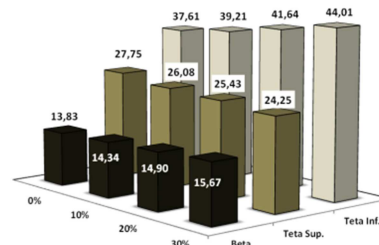
1. Aplica vácuo no sistema
2. Estabilização da temperatura interna da célula;
3. Injeção da massa de gás até a pressão desejada, segundo seja o caso;
4. Estabilização da temperatura e pressão após a injeção
5. Coleta de dados por 10 minutos e as imagens no último minuto
6. Retirada do gás refrigerante da Célula.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

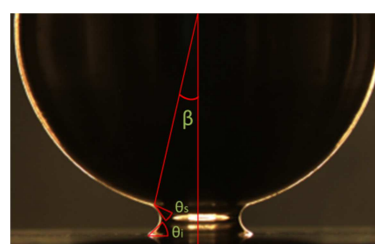
A Figura 3 apresenta os resultados preliminares para uma configuração de esfera-placa; com a esfera de 6 milímetros de raio e um afastamento entre as superfícies de 0,8 milímetros.

Percebe-se, da mesma, que para uma absorção crescente, o ângulo de contato inferior aumentou, enquanto que os ângulos de contato inferior e de espalhamento diminuíram como

consequência de uma maior relevância das forças de corpo (gravidade) no menisco em detrimento das forças de adesão na superfície da esfera implicando uma nova configuração do menisco, Figura 4



**Figura 3** – Influência da absorção nos ângulos de contato e espalhamento



**Figura 4** – Exemplo de imagem da configuração esfera-placa capturada na bancada

### CONCLUSÃO

Os resultados preliminares mostram boa concordância e repetitividade em cada teste. Com relação ao fenômeno de espalhamento do óleo, observou-se que para uma maior solubilidade no sistema, maior será o efeito de molhabilidade e, conseqüentemente, maior efeito de adesão em ambas as superfícies.

### REFERÊNCIAS

- JOHNSON, R. E., DETTRE JR., R. H., Wettability and contact angles, *Surface and Colloid Science*, Vol. 2, pp. 85-153, 1969.
- NEUMANN, A. W., GOOD, R. J., Techniques of measuring contact angles, in: R.J. Good (Ed.), *Surface and Colloid Science*, vol. 11, Plenum Press, New York, 1979.
- VADGAMA, B., HARRIS, D. K., Measurements of the contact angle between R134a and both aluminum and copper surfaces, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol. 31, pp. 979-984, 2007.
- ZISMAN, W. A., *Advanced Chemistry Series*, Vol. 43, F. M. Fowkes - American Chemical Society, Washington, 1964.

### DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo apresentado no presente resumo estendido.