

# Certificado de Calibração

**DIMCI 0117/2017**

Número do Certificado

## Cliente

**Nome:** Pensu Exactu Comércio e Serviço de Equipamentos Metrológicos Ltda

**Endereço:** Rua Batista Pessine , 1096 - Vista Alegre - Curitiba - PR CEP: 80820-000

## Identificação do Item

**Item:** Tensiómetro

**Fabricante:** KRÜSS

**Modelo/Tipo:** K6

**Número de Série:** 20129310

**Código de Identificação:** EPE-055

## Informações Administrativas

**Processo Inmetro:** 07833/2016

**Data da Calibração:** 07/02/2017

**Laboratório Responsável:** Laboratório de Fluidos (Laflu)

10/02/2017

**Data da Emissão**

  
**Maria Helena Farias**

**Chefe da Divisão de Metrologia em Dinâmica de Fluidos**

O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025 e é válido apenas para o item acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros. Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido em sua forma integral. Reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pelo Inmetro.

## Características do Item

1) Tensiômetro:

Mensurando: Tensão Superficial

Intervalo de Indicações: 0 - 89

Valor de uma divisão: 1

Unidade: mN/m

2) Anel:

Tipo: Pt - Ir com 2 hastes para sustentação

Código de Identificação: RI 0111

Comprimento nominal da circunferência: 5,997 cm

Diâmetro nominal do arame: 0,037 cm

## Informações Pertinentes à Calibração

Foram utilizadas na calibração as seguintes soluções de referência: n-nonano, óleo mineral, n-dodecano, FC-40 e água bidestilada.

Pressão ambiente durante a calibração: 1.001 hPa  $\pm$  2 hPa.

Temperatura ambiente durante a calibração: 21,6 °C  $\pm$  0,5 °C.

Umidade relativa do ambiente durante a calibração: 77 %ur  $\pm$  2 %ur.

Massa específica do ar durante a calibração: 0,00118 g/cm<sup>3</sup>  $\pm$  0,00001 g/cm<sup>3</sup>.

A aceleração da gravidade no local da calibração é 9,78748 m/s<sup>2</sup>  $\pm$  0,00005 m/s<sup>2</sup>.

A calibração foi realizada na temperatura de 20,00 °C.

Os resultados da calibração são rastreados ao Sistema Internacional de Unidades (SI), por intermédio dos padrões metrológicos nacionais. As medições realizadas estão referenciadas aos padrões relacionados na Tabela 1.

TABELA 1- Padrões Utilizados

Descrição	Identificação	Certificados	
		Nº/Ano	Origem
Densímetro Digital	Laflu DE 303	DIMCI 2605/2014	Inmetro
Tensiômetro	Laflu TS 003	DIMCI 1696/2013	Inmetro
Higrômetro	Laflu TH 013	DIMCI 2010/2015	Inmetro
Barômetro	Laflu BR 006	DIMCI 1476/2012	Inmetro
Termômetro	Laflu TM 010	DIMCI 0328/2016	Inmetro
Termômetro	Laflu TH 013	DIMCI 2010/2015	Inmetro
Conjunto de Pesos	Laflu MP 005	DIMCI 1532/2014	Inmetro

## Procedimento de Medição

O procedimento de calibração do tensiômetro consiste em realizar as seguintes etapas:

1ª etapa: Determinação da tensão aparente através da utilização de pesos com valores de massa conhecida.

2ª etapa: Determinação da tensão superficial das soluções de referência, medidas pelo método da placa, no tensiômetro padrão e no tensiômetro a ser calibrado, pelo método do anel, nas temperaturas de calibração.

3ª etapa: Comparação direta entre os resultados de tensão superficial das soluções de referência obtidos no tensiômetro padrão e no tensiômetro a ser calibrado.

## Resultados e Declaração da Incerteza de Medição

A tensão superficial aparente é mostrada na Tabela 2 abaixo:

**TABELA 2 - Tensão Superficial Aparente**

Massa Aplicada (g)	Tensão Superficial Aparente Indicada (mN/m)
0,0000000	0,0
0,1002000	7,6
0,2001000	15,0
0,3003000	22,3
0,3978000	30,2
0,5000080	37,8
0,6002080	45,2
0,7001080	53,2
0,8003080	60,8
0,8978080	68,5
1,0000160	76,0

16,

Para se determinar a tensão superficial dos líquidos corrigida no tensiômetro, na temperatura de 20,00 °C para a faixa de tensão superficial de 16,0 mN/m a 73,0 mN/m, utiliza-se a equação (1), apresentada abaixo:

$$\sigma_L = \left[ a_0 + \left( \frac{a_1 + a_2 \cdot \sigma_i}{\rho_L - \rho_a} + a_3 \right)^{\frac{1}{2}} \right] \cdot \left( \frac{g_0}{g_1} \right) \cdot (a_4 + a_5 \cdot \sigma_i) + a_6 \cdot \sigma_i + a_7 \cdot T_L + a_8 \quad (1)$$

Onde:

$\sigma_L$  = tensão superficial do líquido corrigida em mN/m;

$\sigma_i$  = tensão superficial indicada no tensiômetro em mN/m;

$T_L$  = temperatura do líquido em °C;

$\rho_L$  = massa específica do líquido em g/cm<sup>3</sup>;

$\rho_a$  = massa específica do ar em g/cm<sup>3</sup>;

$g_0$  = aceleração da gravidade no local da calibração = 9,78748 m/s<sup>2</sup> ± 0,00005 m/s<sup>2</sup> ;

$g_1$  = aceleração da gravidade no local da utilização do tensiômetro em m/s<sup>2</sup> ;

**DIMCI 0117/2017**

Número do Certificado

Os valores das constantes  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$  e  $a_8$  da equação (1) são os seguintes:

$a_0 =$	0,7250		$a_5 =$	1,07067	
$a_1 =$	0,00009403	$\text{g/cm}^3$	$a_6 =$	0,01826	
$a_2 =$	0,000432	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} \cdot (\text{mN} \cdot \text{m}^{-1})^{-1}$	$a_7 =$	-2,28561	$\text{mN} \cdot \text{m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
$a_3 =$	0,01280		$a_8 =$	45,13536	$\text{mN/m}$
$a_4 =$	0,23293	$\text{mN/m}$			

**TABELA 3 - Resultado**

Temperatura de Calibração $^\circ\text{C}$	Intervalo de Tensão Superficial $\text{mN/m}$	$U$ $\text{mN/m}$	$k$	$v_{eff}$
20,00	16,0 - 73,0	0,6	2,00	145696

A incerteza de medição expandida ( $U$ ) é declarada na Tabela 3, como a incerteza-padrão combinada multiplicada pelo fator de abrangência  $k$ , que, para uma distribuição normal, corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95 %. A incerteza de medição expandida foi determinada de acordo com a publicação "Avaliação de Dados de Medição - Guia para a Expressão de Incerteza de Medição - GUM 2008."

### Observações

- Documentos de referência para terminologia técnica e unidades de medida:
  - "Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos fundamentais e gerais e termos associados" (VIM 2012), disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf);
  - "Sistema Internacional de Unidades (SI) - 1ª Edição Brasileira da 8ª Edição do BIPM", disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si-versao\\_final.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si-versao_final.pdf);
  - "Quadro Geral de Unidades de Medida" (QGU), disponível em: <http://inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002050.pdf>.
- Valor de uma divisão é a diferença entre os valores da escala correspondente a duas marcas sucessivas.

  
 Dalni Malta do Espírito Santo Filho  
 Técnico executor

  
 José Maurício Gomes Gouveia  
 Chefe do Laboratório de Fluidos