

Referências Bibliográficas

BENEDICT, Robert P. **Fundamentals of Temperature, Pressure, and Flow Measurements**. Second Edition, John Wiley & Sons, 1984.

Capacitor – Wikipédia, disponível em: www.pt-wikipedia.org/wiki/capacitor

FREITAS, Anderson Lindert de; RODRIGUES, Alexandre Barreto; TEIXEIRA, Paulo Frade. **Minicurso sobre Medição de Pressão**, disponível em: <http://tecnociencia.com.br/cominidade/mcmp.pdf>

FROTA, Maurício Nogueira; OHAYON, Pierre. **Padrões e Unidades de medidas – referências Metrológicas da França e do Brasil**. Editores da Versão Franco-Brasileira 1998.

INMETRO [online] , disponível em: www.inmetro.gov.br/laboratorio/inmetro/labmetMecanica.asp

INMETRO. **Sistema Internacional de Unidades**. SI Ed. Brasília , Senai/DN, 2000.

INMETRO. **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia**. Ed. Brasília, SENAI /DN, 2000.

ISOGUM. **Guia para a Expressão da Incerteza de Medição**. 3. e.d. Agosto de 2003.

KÁDÁR, Zolt. **Theoretical and Experimental Investigations on Silicon Single Crystal Resonant Structures**. University of Neuchatel, disponível em: www.xs4all.nl/~kadzsol/thesis/ref.html

MACRINI, José Leonardo Ribeiro. **Tópicos Avançados em Incerteza de Medição**. Notas de Aula – PUC – Rio.

NBR ISO 5167-1, 1994 – Medição de vazão de fluidos por meio de instrumentos de pressão – Parte 1 : Placa de orifício, bocais e tubos Venturi instalados em seção transversal circular de condutos forçados, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

ORLANDO, Alcir de Faro. **Applications of Measurement Uncertainty in Laboratory Testing**. Techniques for Expressing the Uncertainty in testing, The pragmatic View from the Laboratory - PUC-Rio.

SA Instrumentation & Control. **The Official Journal of the SAIMC**, março de 2006. disponível em: <http://yokogawa.biz/fld/3D/EJX/p02.html>

VIM – Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia .

WHEELER, Anthony J.; GANJI, Ahmad R. **Introduction to Engineering Experimentation** – School of Engineering San Francisco University – Prentice Hall- New Jersey

Wikipédia, a enciclopédia livre, disponível em:
[www.http//pt.wikipedia.org/w/index.php?title=histerese&oldid](http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=histerese&oldid)

Yokogawa Electric Corporation. **DPharp EJA A Series** – Overview.

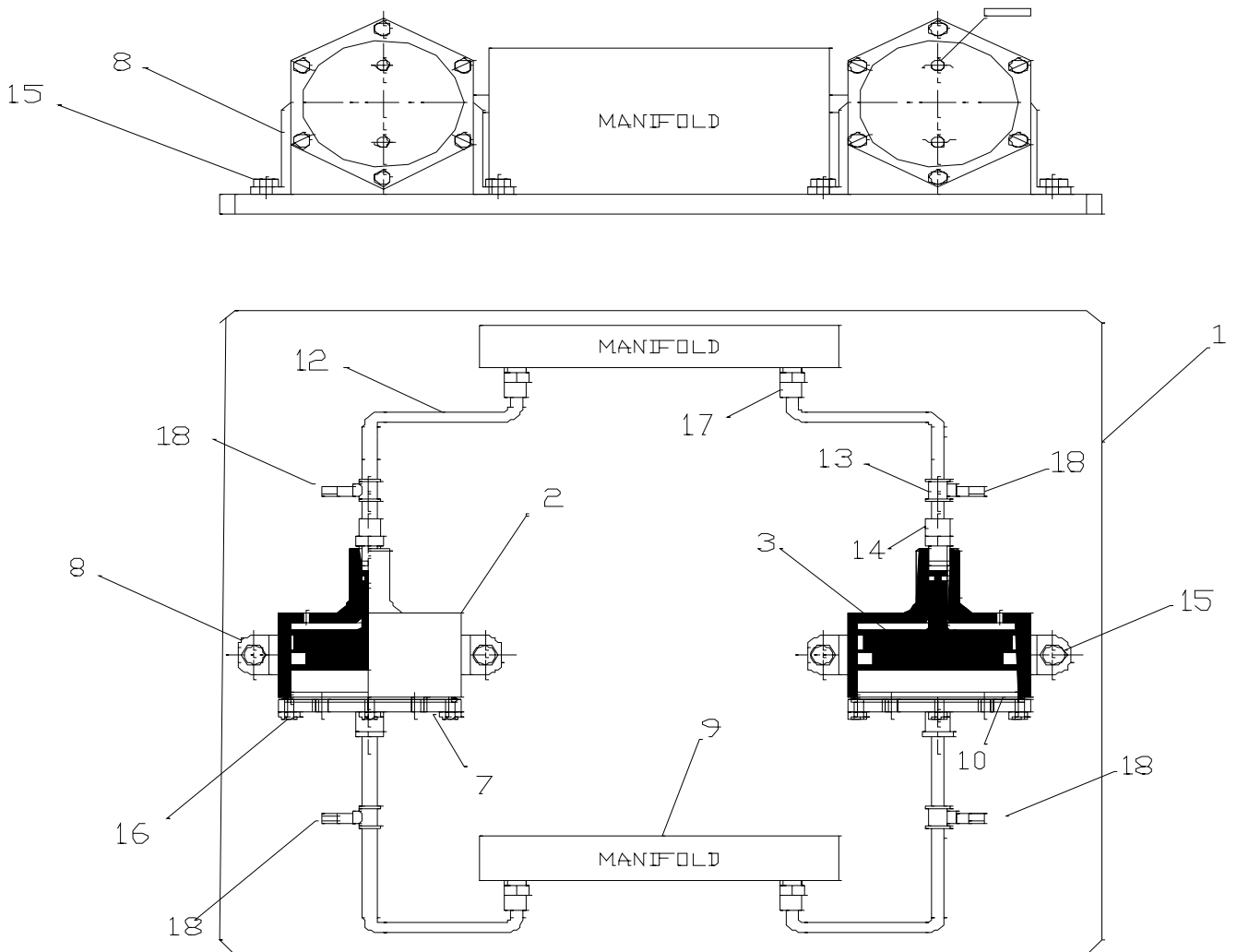
Yokogawa Electric Corporation. **EJX110A Differential Pressure Transmitter, GS 01C25B01-01E.**

Yokogawa Electric Corporation. **User's Manual – EJX110A, EJX130A, EJX430A and EJX440A- 5th Edition.**

APÊNDICE A
MÁQUINA DE TESTE

Neste apêndice são apresentadas maiores detalhes sobre a construção da máquina de teste, certificados dos manômetros digitais utilizados e planilhas do excel contendo os cálculos das incertezas do ajuste utilizados na calibração da máquina.

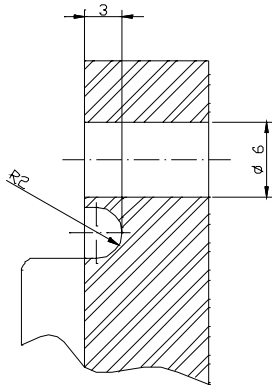
1. - Detalhes construtivos da máquina de teste



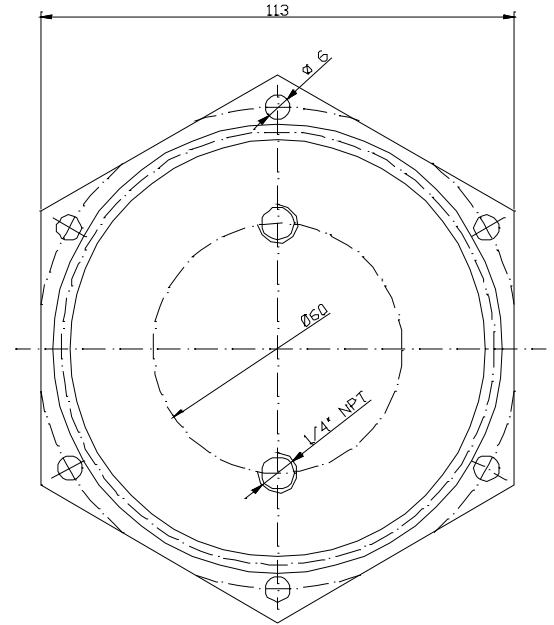
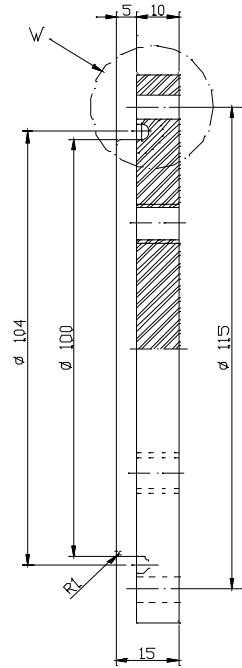
Relação de material da máquina

NUM,	NOME	DIMENSÃO	MATERI AL	CODIGO	UTILIZAÇÃO
01	Chapa	500 X 500 X 10	Alumínio		Base
02	Aço	Sextavado. 4 1/2" X 200	Inox		Cilindro
03	Aço	Redondo. 4 1/2" X 90	Inox		Embolo
04	Gaxeta	100 X 9,5x10	Poliureta no	639403150	Embolo
05	Guia	4" x 1/8"x3/8"	Nylon	W2 4000375	Embolo
06	Gaxeta	10 x 4 x 4	Poliureta no	611800157157	Haste
07	Aço	Sextavado. 4 1/2" X 20mm	Inox		Tampa
08	Aço	Cant. L 3/16" x 3"x 40	Inox		Suporte Cilindro
09	Manifold 5 vias		Inox	SMVY5 – S1 – TS1	
10	Vedante				Tampa
11	Espaçador	CF8M	Inox	400-0807	Fixação Manifold
12	Tubing	Red. 8mm	Inox 316	Cap. 250bar	
13	T (Tê)	Igual de 8mm X 1/4"NPT	Inox	Anilhado	
14	União macho	8mm X 1/4" NPT	inox		
15	Parafuso Cab sext (arruelas)	M8 X 15mm	Inox		Fixação cilindro
16	Parafuso Cab sext.(arruelas)	M6 X 20mm	Inox		Fixação tampa
17	União Macho	8mm para 1/2"NPT	Inox		Saída Manifold
18	Válvula de bloqueio (macho/fêmea)	Rosca de 1/4 NPT	Inox		Alimentação das vias

Detalhes das tampas



DETALHE DE "W"
ESC. 3:1



2- Cilindro “X” – Aquisição de dados e calculo da incerteza do ajuste

Calibração do cilindro X

Núm.	Pb sub. (kgf/cm ²)	Pa sub. * (kgf/cm ²)	Pai . Pbi	Pbi ²	(Pai-α - β Pbi) ²
1	0,9001	53,9	48,51539	0,81018	0,665664014
2	1,0001	64,35	64,356435	1,0002	0,019117129
3	1,1001	74,92	82,419492	1,21022	0,434746301
4	1,2001	84,67	101,612467	1,44024	0,40573153
5	1,3001	94,23	122,508423	1,69026	0,18027517
6	1,4001	104,13	145,792413	1,96028	0,304931337
7	1,5001	113,83	170,756383	2,2503	0,230230619
8	1,6001	123,41	197,468341	2,56032	0,08262243
9	1,7001	133,13	226,334313	2,89034	0,055252651
10	1,8001	142,90	257,23429	3,24036	0,05413834
11	1,9001	152,71	290,164271	3,61038	0,07305891
12	2,0001	162,18	324,376218	4,0004	0,001029655
13	2,1001	171,76	360,713176	4,41042	0,050387045
14	2,2001	183,04	402,706304	4,84044	1,646466375
15	2,3001	191,68	440,883168	5,29046	0,022729997
16	2,4001	200,46	481,124046	5,76048	0,708320264
17	0,9001	53,75	48,380375	0,81018	0,93292872
18	1,0001	64,10	64,10641	1,0002	0,150749482
19	1,1001	73,95	81,352395	1,21022	0,096501595
20	1,2001	84,15	100,988415	1,44024	0,013682119
21	1,3001	93,92	122,105392	1,69026	0,013130464
22	1,4001	103,95	145,540395	1,96028	0,138537219
23	1,5001	113,3	169,96133	2,2503	0,002517678
24	1,6001	122,94	196,716294	2,56032	0,033327724
25	1,7001	132,88	225,909288	2,89034	0,000223239
26	1,8001	142,25	256,064225	3,24036	0,174158928
27	1,9001	152,10	289,00521	3,61038	0,115400087
28	2,0001	161,85	323,716185	4,0004	0,13110789
29	2,1001	171,32	359,789132	4,41042	0,441521163
30	2,2001	182,85	402,288285	4,84044	1,194970492
31	2,3001	191,42	440,285142	5,29046	0,011932349
32	2,4001	200,25	480,620025	5,76048	1,105899676
Σ Pbi =	52,8032		Σ Pai . Pbi	Σ Pbi ² =	93,93056

$$\Sigma \text{Pai} = 4096,28$$

$$s^2 = 0,306171$$

2 - Cilindro “Y” – Aquisição de dados e calculo da incerteza do ajuste

Calibração do cilindro Y

Núm.	Pb sub. (kgf/cm ²)	Pa sub. * (kgf/cm ²)	Pai . Pbi	Pbi ²	(Pai-α - β Pbi) ²
1	1,1001	75,85	83,442585	1,21022	0,345744
2	1,2001	85,40	102,48854	1,44024	0,63633055
3	1,3001	94,38	122,703438	1,69026	0,191324528
4	1,4001	103,66	145,134366	1,96028	0,142211869
5	1,5001	112,18	168,281218	2,2503	0,196414551
6	1,6001	121,27	194,044127	2,56032	0,480919388
7	1,7001	130,82	222,407082	2,89034	0,234043301
8	1,8001	140,22	252,410022	3,24036	0,179841237
9	1,9001	150,16	285,319016	3,61038	0,030844623
10	2,0001	159,53	319,075953	4,0004	0,042160274
11	2,1001	169,03	354,979903	4,41042	0,133249067
12	2,2001	178,32	392,321832	4,84044	0,099058916
13	2,3001	187,79	431,935779	5,29046	0,197526523
14	2,4001	197,24	473,395724	5,76048	0,307074306
15	1,1001	75,84	83,431584	1,21022	0,334084
16	1,2001	85,20	102,24852	1,44024	0,357249231
17	1,3001	94,11	122,352411	1,69026	0,028024968
18	1,4001	102,95	144,140295	1,96028	0,110815825
19	1,5001	111,9	167,86119	2,2503	0,522999167
20	1,6001	120,85	193,372085	2,56032	1,239845541
21	1,7001	130,2	221,35302	2,89034	1,218330774
22	1,8001	140,01	252,032001	3,24036	0,402053544
23	1,9001	149,96	284,938996	3,61038	0,000594074
24	2,0001	159,01	318,035901	4,0004	0,099017416
25	2,1001	168,80	354,49688	4,41042	0,018233902
26	2,2001	178,24	392,145824	4,84044	0,055101114
27	2,3001	187,4	431,03874	5,29046	0,002963666
28	2,4001	196,95	472,699695	5,76048	0,069771449
Σ Pbi =	49,0028		Σ Pai . Pbi = 7088,086727	Σ Pbi ² = 90,3098	Σ = 7,675827802

$$\Sigma \text{Pai} = 3807,27$$

$$s^2 = 0,28429$$

APÊNDICE B
CERTIFICADOS DOS INSTRUMENTOS
UTILIZADOS



Certificado de Calibração

CP1091/2007



Solicitante:
E&P-SERV/US-AP/OM/ATLAC
Av. Elias Agostinho, 665
CEP 27913-350
Imbetiba - Macaé - RJ
Ordem de Manutenção: 2003205601

Identificação do Instrumento:
Módulo de Pressão, Fabricante: Dresser,
Modelo: AQS-2, Nº de série: AQS-11020
Faixa calibrada: 0..3000 psi
Identificação do Cliente:
Identificação do Laboratório: MOP0403

Data de Calibração: 24/09/2007

Data de Emissão: 24/09/2007

Condições ambientais: 20 ± 2 °C / 60 ± 20 % U.R.

Procedimento Utilizado: calibração por comparação a instrumento padrão, onde são realizadas quatro leituras para cada ponto selecionado, de acordo com o procedimento interno PE-3ED-01240.

Rastreabilidade: Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre/Inmetro, o qual avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI).

Padrão(ões):

- Peso Padrão, MPA001, Certificado de Calibração nº DIMCI 1494 e 1513, emitido por: INMETRO, validade ago/2010.
- Bomba de Peso Morto, BPM0406, Certificado de Calibração nº DIMCI 1494 e 1513, emitido por: INMETRO, validade ago/2010.

Incerteza: A incerteza declarada corresponde a incerteza total da medição, expandida por um fator de abrangência k, para um nível de confiança de aproximadamente 95,45%.

Cópia Informativa

Valor do Instrumento no SI	Registro da Calibração - Valores em psi			Erro Fiducial %	k
	No Instrumento	No Padrão	Incerteza de Medição		
345 Pa	0,0	0,00	0,19	0,0017	2,01
2,055327 MPa	298,1	298,08	0,18	0,0003	2,00
4,132373 MPa	599,4	599,15	0,20	0,0068	2,01
6,207894 MPa	900,4	900,20	0,20	0,0050	2,00
8,264400 MPa	1198,6	1198,31	0,21	0,0113	2,00
10,337654 MPa	1499,4	1499,37	0,25	-0,0008	2,00
12,412631 MPa	1800,3	1800,45	0,31	-0,005	2,00
14,469337 MPa	2098,6	2098,59	0,36	0,000	2,00
16,545004 MPa	2399,6	2399,62	0,41	0,001	2,00
18,620498 MPa	2700,7	2700,69	0,46	0	2,00
20,679272 MPa	2998,3	2998,78	0,51	0,016	2,00

Observações:

S.Ribeiro

Severino Ribeiro da Silva
Técnico de Calibração

Luiz Valencio M. de Carvalho

Luiz Valencio M. de Carvalho
Signatário Autorizado

Reproduções deste documento só têm validade se forem integrais e com autorização formal do emitente. Os resultados desta calibração, aplicam-se somente ao objeto acima descrito não sendo extensivo a qualquer outro instrumento, ainda que similar. Os ajustes e reparos realizados no instrumento não fazem parte do escopo da acreditação do laboratório.

E&P-SERV/US-AP/OM-ATLAC - Av. Elias Agostinho, 665 - Imbetiba - Macaé - RJ
Fone: 0(XX)22-27615309 - Fax: 0(XX)22-27619222

Fl. - 1/1

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO
CALIBRATION CERTIFICATE
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Nº 33755

Calibração
NBR ISO/IEC
17025

CAL 0015

Rede Brasileira de Calibração - Laboratório de Calibração acreditado pela Cgcre - Inmetro, Sob o nº 015
 Brazilian Network - Calibration Laboratory accredited by Cgcre - Inmetro, under nº 015
 Red Brasileña de Calibración - Laboratorio de Calibración acreditado por Cgcre - Inmetro, Bajo nº 015

Requerente / Customer Name / Cliente: PETROLEO BRASILEIRO S/A.PETROBRAS E&P BC
 Endereço / Address / Dirección: ROD AMARAL PEIXOTO, 11.000 IMBOASSICA MACAÉ RJ
 Ordem de Serviço / Customer Order Nº / Orden de Servicio: 7WR300.01

CARACTERÍSTICA SPECIFICATION CARACTERÍSTICA	INSTRUMENTO EM TESTE INSTRUMENTO EN PRUEBA	PADRÃO UTILIZADO USO MASTER PATRON UTILIZADO
Modelo / Fabricante Model / Manufacturer	AQS-2 CI - ASHCROFT	2405 751 / Ruska
Nº de Série Serial Number Nº de Serie	AQS-32837	32191
Identificação Identification	MOP0427	1.01.002 (V 063)
Tipo Type	Manômetro Digital / Digital Pressure Gauge	Balança de Pressão / Dead-Weight Gauge / Balanza de Presion
Faixa de Indicação Range	-15 / 00 psi	2 / 200 psi
Valor de Uma Divisão / Resolução Scale Interval / Resolution	0,001 psi psi
Índice da Classe Accuracy Class	0,05%	0,005 %
Certificado / Validade do Certificado Certificate / Calibration Due Date	INMETRO Nº 1163 jul-09

VALOR INDICADO (INSTR. EM TESTE) GAUGE INDICATION (INSTRUMENT)		VALOR DE REFERÊNCIA (PADRÃO UTILIZADO) TRUE VALUE (MASTER)			
VALOR INDICADO (INSTRUMENTO EN PRUEBA)		VALOR DE REFERENCIA (PATRON UTILIZADO)			
MPa	psi	Primeiro Ciclo / First Cycle / Primer Ciclo	Segundo Ciclo / Second Cycle / Segundo Ciclo		
		Carregamento / Increasing / Carga	Descarregamento / Decreasing / Descarga	Carregamento / Increasing / Carga	Descarregamento / Decreasing / Descarga
0,0000	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0414	0,00	5,9993	5,9993	5,9993	5,9993
0,0827	12,00	12,0014	12,0014	12,0014	12,0014
0,1241	18,00	18,0003	18,0003	18,0003	18,0003
0,1655	24,00	23,9888	23,9915	23,9915	23,9915
0,2068	30,00	30,0052	30,0052	30,0052	30,0052
0,2482	36,00	36,0013	36,0039	36,0013	36,0013
0,2896	42,00	42,0027	42,0010	42,0010	42,0010
0,3309	48,00	48,0076	48,0076	48,0076	48,0076
0,3723	54,00	54,0066	54,0066	54,0034	54,0034
0,4137	60,00	60,0044	60,0044	60,0044	60,0044

CARACTERÍSTICAS APRESENTADAS PELO INSTRUMENTO EM TESTE INSTRUMENT RESULTS			
CARACTERÍSTICAS PRESENTADAS POR EL INSTRUMENTO EN PRUEBA			
Índice de Classe / Accuracy / Índice de Clase:	0,014 %	Histerese / Hysteresis / Histerese:	0,003 %
Incerteza da Medição / Uncertainty of Measurement / Incertidumbre de Medición:		Repetibilidade / Repeatability / Repetibilidad:	
0,007 %		0,004 %	
Temperatura Ambiente / Room Temperature / Temperatura Ambiente:		Fator de Conversão / Conversion Factor / Factor de Conversión:	
20 °C		1 MPa = 145,04 psi	
		Umidade Relativa do Ar / Relative Humidity / Humedad Relativa del Aire:	
		80%	

OBSERVAÇÕES / NOTES / NOTAS:

Curva de Correção do instrumento em teste: Y = (1,0001) . X + (-0,0019) ; Y = valor corrigido e X = pressão indicada no instrumento em teste. Incerteza de medição para um nível de confiança de 95,45%, k= 2.
 Calibration curve: Y = (1,0001) X + (-0,0019) ; Y = corrected value and X = indicated value (Instrument). Uncertainty for 95,45% of confidence level, coverage factor k = 2.
 Curva de Corrección do instrumento em prueba: Y = (1,0001)X + (-0,0019) ; Y = valor corrigido e X = valor indicado no instrumento em prueba. Incertidumbre de medición para um nível de confiança de 95,45%, factor k = 2.

CALIBRADO EM CONJUNTO COM A UNIDADE BÁSICA ATE-100 Nº DE SÉRIE 4213

Data: 3 / 9 / 2007	Aprovado / Approved / Aprobado	Autenticação / Authentication / Autenticación	Folha: 1 de 2
Data: 9 / 3 / 2007	Gerente Técnico: Elio T. Fukushima		Sheet: 1 of 2

Calibração executada em 2 ciclos (carregamento e descarregamento). Para cada valor indicado no instrumento em teste, o valor de referência é lido no Padrão, conforme Procedimento Q-2040-007.
 O certificado só é válido para a escala com a unidade utilizada na calibração. Cada calibração não tem o Instrumento em Teste do controle Metrológico estabelecido na Regulamentação Metrológica.
 Este certificado somente é válido exclusivamente para o instrumento em teste submetido à calibração, nas condições especificadas, não sendo válido a quaisquer lotes. O certificado não deve ser parcialmente reproduzido.
 Este certificado atende aos Requisitos de Acreditação pela Cgcre - Inmetro, que avaliou a competência do Laboratório e comprovou sua Restabelecimento aos Padrões Nacionais de medição. O serviço de contato e ajustes no instrumento em teste, não faz parte da Escopo de Acreditação deste Laboratório.

This Certificate is valid, exclusively for the tested instrument, under specified test conditions. Partial certificate reproduction is prohibited.
 This Certificate is in conformity with Cgcre - Inmetro specifications, who has approved the laboratory competence and the traceability to Brazilian masters.
 This calibration does not exempt the instrument of usual metrological control established by metrological regulations.

Este certificado solo es válido, exclusivamente para el instrumento sometido a la calibración, en las condiciones especificadas, no siendo a cualquier lotes. El certificado no debe ser parcialmente reproducido.
 Este certificado atende a los requisitos de acreditación de Cgcre - Inmetro, lo cual evaluó la capacidad del Laboratorio y comprobó su restablecimiento a los patrones de medición.
 Este calibración no exenta el instrumento del control metrológico establecido en la reglamentación metrológica.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 0513371/CA