



PRESYS

Certificado de Calibração

EMPRESA: Presys Instrumentos e Sistemas
 INSTRUMENTO: Transmissor de Temperatura N. DE REGISTRO: 0720996
 FUNÇÃO: Temperatura da caldeira TAG: TT-1400
 SETOR: \Setor-1\Caldeira PERÍODO DE CALIBRAÇÃO: 6 Meses
 CRITICIDADE: A

INFORMAÇÕES TÉCNICAS

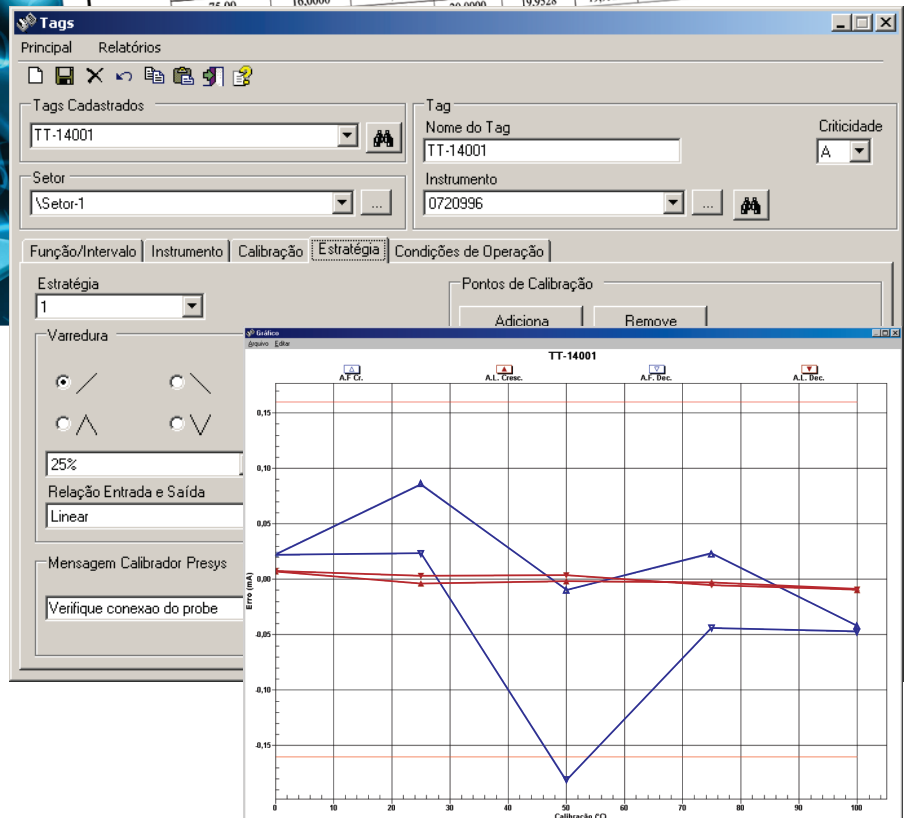
INSTRUMENTO	DOCUMENTOS
MODELO: TY-2090 FABRICANTE: Presys	O.S.: SAP0808-2014 PROC.: P11/01

CALIBRAÇÃO E AJUSTE

ESTRATÉGIA: 1 FAIXA DE ENTRADA: RTD-Pt-100 0,00 a 100,00 (°C) FAIXA DE SAÍDA: Corrente 4,0000 a 20,0000 mA

CALIBRAÇÃO PRELIMINAR

Calibração (°C)	Referência (mA)	Cal. Corr. (°C)	Ref. Corr. (mA)	Leitura I (mA)	Média (mA)	Erro (mA)	U (mA)	k	Crit. Acet. (mA)
0,00	4,0000	0,00	4,0000	4,0218	4,0218	0,0218	0,0032	2,000	0,1600
25,00	8,0000	25,00	8,0000	8,0232	8,0232	0,0232	0,0048	2,000	0,1600
50,00	12,0000	50,00	12,0000	11,8190	11,8190	-0,1810	0,0048	2,000	0,1600
75,00	16,0000	75,00	16,0000	15,9559	15,9559	-0,0441	0,0048	2,000	0,1600
100,00	20,0000	100,00	20,0000	19,9528	19,9528	-0,0472	0,0048	2,000	0,1600



Validação do Cálculo de Incerteza ISOPLAN-5

Validação do Cálculo de Incerteza Isoplan 5.0

A validação será feita cadastrando um padrão, um instrumento e um tag realizando a calibração digitando os dados manualmente. Será feito um exemplo de um transmissor de temperatura com entrada PT-100 de 0 a 100 °C e saída 4 a 20 mA.

Dados do Padrão Utilizado

Foi cadastrado um padrão Isocal-MCS-10 com as escalas de entrada mA, saída PT-100 e dados do certificado como mostrado na figura abaixo.

PRESYS		DADOS DE CALIBRAÇÃO - PADRÃO			
N. REG.: 027.11.07				N. CERTIFICADO: 06.11.2007	
MODELO: ISOCAL MCS-10				TAG:	
FABRICANTE: Presys				DATA CALIBRAÇÃO: 23/11/2007	
INTERVALO DE CALIB.: 12 (meses)				PRÓX. CALIBRAÇÃO: 23/11/2008	
LABORATÓRIO: PRESYS INSTRUMENTOS E SISTEMAS LTDA					
ESCALAS					
ESCALA: Entrada Corrente (mA) - (Após o Ajuste)					
DADOS DA CALIBRAÇÃO					
Padrão (mA)	Referência (mA)	Erro (mA)	Incerteza (mA)	Fator K	Crit. Aceit. (mA)
0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	2,000	0,0100
24,0000	24,0050	-0,0050	0,0020	2,000	0,0100
LAUDO: Aprovado					
ESCALA: Saída RTD-Pt-100 (°C) - (Após o Ajuste)					
DADOS DA CALIBRAÇÃO					
Padrão (°C)	Referência (°C)	Erro (°C)	Incerteza (°C)	Fator K	Crit. Aceit. (°C)
-200,00	-200,00	0,00	0,07	2,000	0,20
850,00	850,05	-0,05	0,05	2,000	0,20

Fig. 1 – Dados do Padrão de Calibração

EMPRESA: Presys Instrumentos e Sistemas
 INSTRUMENTO: Transmissor de Temperatura N. DE REGISTRO: 0720996
 FUNÇÃO: Temperatura do Autoclave 2 TAG: TT-14001
 SETOR: \Setor-1 PERÍODO DE CALIBRAÇÃO: 12 Meses

INFORMAÇÕES TÉCNICAS

INSTRUMENTO	CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO	DOCUMENTOS
MODELO: TY-2090 ENTRADA: RTD-Pt-100 SAÍDA: Corrente FABRICANTE: Presys	FAIXA ENTRADA: 0 a 100 (°C) FAIXA SAÍDA: 4 a 20 (mA) CRITICIDADE: A	PROC.: P11/01

CALIBRAÇÃO E AJUSTE

CALIBRAÇÃO PRELIMINAR

Calibração (°C)	Referência (mA)	Cal. Corr. (°C)	Ref. Corr. (mA)	Leitura 1 (mA)	Média (mA)	Erro (mA)	U (mA)	k	Crit. Aceit. (mA)
0,00	4,0000	0,00	4,0000	4,0229	4,0229	0,0229	0,0114	2,000	0,1600
25,00	8,0000	25,00	8,0000	8,0860	8,0860	0,0860	0,0114	2,000	0,1600
50,00	12,0000	50,00	12,0000	11,9902	11,9902	-0,0098	0,0114	2,000	0,1600
75,00	16,0000	75,00	16,0000	16,0230	16,0230	0,0230	0,0114	2,000	0,1600
100,00	20,0000	100,00	20,0000	19,9580	19,9580	-0,0420	0,0114	2,000	0,1600
100,00	20,0000	100,00	20,0000	19,9528	19,9528	-0,0472	0,0114	2,000	0,1600
75,00	16,0000	75,00	16,0000	15,9559	15,9559	-0,0441	0,0114	2,000	0,1600
50,00	12,0000	50,00	12,0000	11,8190	11,8190	-0,1810	0,0114	2,000	0,1600
25,00	8,0000	25,00	8,0000	8,0232	8,0232	0,0232	0,0114	2,000	0,1600
0,00	4,0000	0,00	4,0000	4,0218	4,0218	0,0218	0,0114	2,000	0,1600

CALIBRAÇÃO FINAL

Calibração (°C)	Referência (mA)	Cal. Corr. (°C)	Ref. Corr. (mA)	Leitura 1 (mA)	Leitura 2 (mA)	Leitura 3 (mA)	Média (mA)	Erro (mA)	U (mA)	k	Crit. Aceit. (mA)
0,00	4,0000	0,00	4,0000	4,0074	4,0073	4,0063	4,0070	0,0070	0,0114	2,000	0,1600
25,00	8,0000	25,00	8,0000	8,0068	7,9912	7,9910	7,9963	-0,0037	0,0178	2,299	0,1600
50,00	12,0000	50,00	12,0000	12,0041	11,9982	11,9919	11,9981	-0,0019	0,0141	2,106	0,1600
75,00	16,0000	75,00	16,0000	16,0035	15,9810	16,0077	15,9974	-0,0026	0,0281	2,798	0,1600
100,00	20,0000	100,00	20,0000	19,9833	19,9956	19,9916	19,9902	-0,0098	0,0143	2,114	0,1600
100,00	20,0000	100,00	20,0000	19,9858	19,9940	19,9925	19,9908	-0,0092	0,0127	2,038	0,1600
75,00	16,0000	75,00	16,0000	15,9911	15,9896	16,0039	15,9949	-0,0051	0,0161	2,208	0,1600
50,00	12,0000	50,00	12,0000	11,9837	12,0157	12,0111	12,0035	0,0035	0,0355	3,087	0,1600
25,00	8,0000	25,00	8,0000	8,0087	7,9877	8,0128	8,0031	0,0031	0,0261	2,713	0,1600
0,00	4,0000	0,00	4,0000	4,0110	4,0061	4,0056	4,0076	0,0076	0,0119	2,000	0,1600

OBSERVACÕES:

a) A Incerteza expandida foi calculada para um nível de confiança de 95,45%

CONDIÇÕES DE CALIBRAÇÃO

LOCAL: Laboratório
 UMIDADE: 55% PRESS. ATM.: 1 atm TEMPERATURA: 25 °C

PADRÕES UTILIZADOS

Modelo: ISOCAL MCS-10 N.S.: 027.11.07 N. Cert.: 06.11.2007 Próx. Calib.: 23/11/2008 Escala: RTD-Pt-100 (°C) E/S:(S)
 Modelo: ISOCAL MCS-10 N.S.: 027.11.07 N. Cert.: 06.11.2007 Próx. Calib.: 23/11/2008 Escala: Corrente (mA) E/S:(E)

DEFEITOS E SITUAÇÕES CONSTATADAS

Preventiva

001-Instrumento descalibrado

LAUDOS

DATAS

LAUDO INICIAL: Reprovado LAUDO FINAL: Aprovado CALIBRAÇÃO: 26/11/2007 PRÓXIMA: 26/11/2008

COMENTÁRIOS

instrumento com defeito.

 Usuário Administrador
 Operador

 supervisor isoplan
 Responsável

Fig. 2 – Dados do Certificado de Calibração com valores medidos e cálculo de Incerteza

Dados de Calibração do Instrumento

Foi criado um novo instrumento no Isoplan com faixa de entrada de 0 a 100°C e saída 4 a 20 mA e dados de calibração conforme Fig. 2.

Cálculo da Incerteza

Para o cálculo de incerteza foram utilizadas as fórmulas que constam no apêndice do manual onde são calculados as várias componentes de incerteza para obter o valor de incerteza expandida e fator k que consta no certificado.

Neste exemplo será calculado apenas a incerteza para o ponto de calibração de 50°C na descendente da calibração final.

Cálculo da Média

A leituras de corrente para o ponto de 50°C e referência 12mA foram as seguintes:

$$x_1=11,9837 \text{ mA} \quad x_2=12,0157 \text{ mA} \quad x_3=12,0111 \text{ mA}$$

$$\bar{x} = \frac{(11,9837 + 12,0157 + 12,0111)}{3} = 12,0035$$

Cálculo do Desvio Padrão

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

onde :

x_i = i-ésima leitura

\bar{x} = média

n = número de leituras

$$S_x = \sqrt{\frac{(11,9837 - 12,0035)^2 + (12,0157 - 12,0035)^2 + (12,0111 - 12,0035)^2}{(3-1)}} = 0,017300867$$

Cálculo da Incerteza do Tipo A

$$U_1 = \frac{S_i}{\sqrt{n}}$$

onde: S_i = Desvio Padrão

n = número de medidas (em geral serão três medidas)

U_1 = incerteza padronizada do tipo A.

$$U_1 = \frac{0,017300867}{\sqrt{3}} = 0,00998866$$

Incerteza Padronizada Tipo B

Abaixo segue as incertezas do tipo B utilizadas no cálculo, neste exemplo foi considerada apenas a incerteza devida ao certificado do padrão.

Incerteza das Fontes de Erro do Instrumento e Padrão

Não foram consideradas outras incertezas além do certificado do padrão logo temos que

$$U_2 = 0$$

Incerteza Herdada do Padrão

$$U_3 = \sqrt{\sum_i (U_{e(i)})^2 + \sum_i (U_{s(i)})^2}$$

onde:

$U_{e(i)}$ = incerteza padronizada de cada padrão de leitura utilizado.

$U_{s(i)}$ = incerteza padronizada de cada padrão de geração utilizado.

U_3 = incerteza total dos padrões.

No exemplo foi utilizado um único padrão de leitura de corrente e outro padrão para simular o PT-100.

Incerteza do Padrão de leitura (entrada)

$$U_e = \frac{U_{cert}}{K}$$

onde: U_{cert} = incerteza declarada no certificado.

K = Constante K declarada no certificado.

No caso de exemplo, para medir 12mA com o padrão, utilizou como incerteza o valor de 0,002 mA , pior incerteza entre os pontos 0 e 24 mA obtidos no certificado, vide Fig. 1.

$$U_e = \frac{0,002}{2} = 0,001 mA$$

Incerteza do Padrão de geração

$$U_{s'} = \frac{U_{cert}}{K}$$

onde: U_{cert} = incerteza declarada no certificado.

K = Constante K declarada no certificado.

Os cálculos que o ISOPLAN faz (Incertezas , erros , etc.) e o critério de aceitação do tag estão em função da saída do instrumento , logo deve-se propagar a incerteza do padrão de geração da entrada para saída do instrumento, isto é feito através das fórmulas de propagação de incerteza. Para instrumentos lineares a propagação da incerteza da entrada para a saída do instrumento é feita da seguinte maneira:

$$U_s = \frac{(S_{\max} - S_{\min})}{(E_{\max} - E_{\min})} \cdot U_{s'} \text{ (Eq. 1)}$$

onde: S_{\max} = valor máximo da saída do instrumento (valor configurado cadastro de tags no campo referência).
 S_{\min} = valor mínimo da saída do instrumento (valor configurado cadastro de tags no campo referência).
 E_{\max} = valor máximo da entrada do instrumento (valor configurado cadastro de tags no campo calibração).
 E_{\min} = valor mínimo da entrada do instrumento (valor configurado cadastro de tags no campo calibração).
 $U_{s'}$ = valor de incerteza padronizada do padrão de entrada obtido na fórmula

$$U_{s'} = \frac{0,07}{2} = 0,035 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Agora deve-se transformar a incerteza em $^\circ\text{C}$ para mA.

$$U_s = \frac{(20 - 4)}{(100 - 0)} \cdot 0,035 = 0,0056 \text{ mA}$$

$$U_3 = \sqrt{0,001^2 + 0,0056^2} = 0,005688585 \text{ mA}$$

Incerteza Padronizada Combinada

$$U_c = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2}$$

onde: U_c = Incerteza combinada

U_1 = Incerteza do Tipo A

U_2 = Incerteza do Tipo B relativo as incertezas extras dos padrões e instrumentos.

U_3 = Incerteza do Tipo B relativo aos padrões utilizados

$$U_c = \sqrt{0,00998866^2 + 0^2 + 0,005688585^2} = 0,011494926$$

Graus de Liberdade Efetivo

Quando são combinadas varias incertezas é necessário saber qual o número de graus de liberdade efetivo que deve ser considerado na calibração para o cálculo da incerteza da medida. Isto é obtido através da fórmula de Welch-Satterthwaite:

$$V_{eff} = \frac{Uc^4}{\left(\frac{U_1^4}{(n-1)}\right)}$$

onde: V_{eff} = graus de liberdade efetivo
 Uc = incerteza padronizada combinada
 U_1 = incerteza padronizada do Tipo A
 n = número de medições.

$$V_{eff} = \frac{0,011494926^4}{\left(\frac{0,00998866^4}{(3-1)}\right)} = 3,5077$$

Cálculo do Fator de Abrangência K

O fator de abrangência K é obtido na tabela de distribuição de Student (t), para um determinado nível de confiança e graus de liberdade definido acima. Se V_{eff} não é um número inteiro calcula-se K usando uma interpolação linear dos pontos imediatamente anterior e posterior existentes na tabela.

$$K = t_p(V_{eff})$$

O Fator K é obtido da tabela de t-Student , Fig. 3, para o nível de confiança igual a 95,45% e graus de liberdade efetivo igual a 3,5077 , como o número não é inteiro é feita uma interpolação linear entre os pontos 3 e 4 como mostrado abaixo:

$$V_{eff} = 3 \Rightarrow K = 3,31$$

$$V_{eff} = 4 \Rightarrow K = 2,87$$

Por interpolação linear temos dos dois pontos acima temos:

$$K = \left(\frac{3,31 - 2,87}{3 - 4}\right) \cdot (3,5077 - 3) + 3,31 = 3,0866$$

K=3,0866 (resultado esperado para fator k)

Incerteza da medida

$$U = K \cdot Uc \text{ (Eq. 2)}$$

onde: K = Fator de abrangência
 Uc = incerteza combinada

$$U = 3,0866 \cdot 0,114949 = 0,03548$$

U=0,03548 (resultado esperado para incerteza)

Tabela G.2 - Valor de $t_p(v)$ da distribuição- t , para v graus de liberdade, que define um intervalo $-t_p(v)$ a $+t_p(v)$ que abrange a fração p da distribuição

Graus de liberdade v	Fração p em porcentagem					
	68,27 ^(a)	90	95	95,45 ^(a)	99	99,73 ^(a)
1	1,84	6,31	12,71	13,97	63,66	235,80
2	1,32	2,92	4,30	4,53	9,92	19,21
3	1,20	2,35	3,18	3,31	5,84	9,22
4	1,14	2,13	2,78	2,87	4,60	6,62
5	1,11	2,02	2,57	2,65	4,03	5,51
6	1,09	1,94	2,45	2,52	3,71	4,90
7	1,08	1,89	2,36	2,43	3,50	4,53
8	1,07	1,86	2,31	2,37	3,36	4,28
9	1,06	1,83	2,26	2,32	3,25	4,09
10	1,05	1,81	2,23	2,28	3,17	3,96
11	1,05	1,80	2,20	2,25	3,11	3,85
12	1,04	1,78	2,18	2,23	3,05	3,76
13	1,04	1,77	2,16	2,21	3,01	3,69
14	1,04	1,76	2,14	2,20	2,98	3,64
15	1,03	1,75	2,13	2,18	2,95	3,59
16	1,03	1,75	2,12	2,17	2,92	3,54
17	1,03	1,74	2,11	2,16	2,90	3,51
18	1,03	1,73	2,10	2,15	2,88	3,48
19	1,03	1,73	2,09	2,14	2,86	3,45
20	1,03	1,72	2,09	2,13	2,85	3,42
25	1,02	1,71	2,06	2,11	2,79	3,33
30	1,02	1,70	2,04	2,09	2,75	3,27
35	1,01	1,70	2,03	2,07	2,72	3,23
40	1,01	1,68	2,02	2,06	2,70	3,20
45	1,01	1,68	2,01	2,06	2,69	3,18
50	1,01	1,68	2,01	2,05	2,68	3,16
100	1,005	1,660	1,984	2,025	2,626	3,077
∞	1,000	1,645	1,960	2,000	2,576	3,000

^(a) Para a grandeza z descrita por uma distribuição normal, com esperança μ_z e desvio padrão σ , o intervalo $\mu_z \pm k\sigma$ abrange $p = 68,27, 95,45$ e $99,73$ por cento da distribuição para $k = 1, 2$ e 3 , respectivamente.

Fig. 3 Tabela do GUIA PARA A EXPRESSÃO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO – 2ª edição (revisada) - Inmetro

