

OTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE CALIBRAÇÃO NA GRANDEZA TEMPERATURA

Dabney Sérgio Guedes de Morais, dabneysergio@hotmail.com¹

Luiz Pedro de Araujo, lpedro@dem.ufrn.br¹

Walter Link, walter_link@uol.com.br¹

Hallyjus Alves Bezerra, hallyjusdias@yahoo.com.br¹

¹UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal/RN – Brasil.

Resumo: Este trabalho visa melhorar o procedimento das calibrações de medidores de temperatura realizadas no Laboratório de Metrologia da UFRN – LabMetrol, tais como termopar, termoresistência e termômetros de vidro, com o auxílio de um banho térmico tipo bloco seco, garantindo ao procedimento uma maior confiabilidade nos resultados. Os experimentos foram feitos no Laboratório de Metrologia, utilizando inicialmente uma termoresistência do tipo Pt-100 e o banho térmico tipo bloco seco T-350P da Presys, juntamente com o jogo de blocos de prova (inserto) de diâmetros que vão de 6mm à 19 mm. O procedimento de calibração para a realização dos experimentos consistiu em se tomar quatro temperaturas na faixa de 30°C, 40°C, 50°C e 60°C e variando a altura do Pt-100 entre 10 mm, 30 mm e 50 mm, que proporcionou a simulação dos mais diversos casos que podem ocorrer numa calibração de sensores de temperatura, sendo feito posteriormente o cálculo dos desvios padrão, dos erros e da incerteza da medição, com tais informações foi possível avaliar a melhor maneira de se calibrar os sensores. No caso em que não tivermos o sensor de temperatura totalmente envolvido pelo inserto observou-se um aumento do erro de medição e do desvio padrão, sendo este problema sanado de forma prática e econômica com a utilização do inserto tipo caneca preenchido com um fluido, tornando o banho térmico tipo bloco seco versátil.

Palavras-chave: Metrologia, Temperatura, Incerteza, Calibração.

1. INTRODUÇÃO

É necessário um bom processo de calibração de instrumentos de medição de temperatura devido à importância que a temperatura tem no monitoramento e controle de medições em processos e operações industriais.

Na indústria do petróleo não poderia ser diferente. A temperatura representa uma grande fonte de incerteza no processo de medição como exemplo pode-se citar as dificuldades para a determinação da temperatura média de produtos armazenados. O volume determinado para o petróleo e seus derivados no interior dos tanques sofre influência da temperatura e devido à incerteza do coeficiente de expansão térmica, esta variabilidade vai de 0,06% a 0,30% por grau Celsius. Isto significa que uma variação de 10°C na temperatura pode causar variações de até 3% no volume ocupado no interior do tanque.

Um erro no controle da temperatura pode superaquecer ou não aquecer o suficiente um material, causando entupimentos, aumento de pressão e até explosões em dutos. Uma temperatura incorreta pode significar má esterilização ou produção indevida de um alimento, podendo acarretar danos aos consumidores. Estes são exemplos práticos da importância do controle correto da temperatura, o que implica na importância de se ter instrumentos sempre em bom estado de conservação e calibrados. O presente trabalho visa melhorar os resultados da calibração dos sensores de temperatura utilizados ou calibrados no LabMetrol – Laboratório de Metrologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, tais como termopares, termoresistências e termômetros de vidro, utilizando um sistema térmico tipo bloco seco.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma vez que existe uma grande variedade de dimensões (diâmetros do invólucro) para os sensores de temperatura, ocorre muitas vezes que o inserto ideal não comporta o sensor quando é feita sua imersão (é necessária uma folga mínima para que o mesmo possa ser inserido livremente). Neste caso utiliza-se um inserto com dimensão maior o que provoca um vão entre o sensor e as paredes do bloco térmico. O presente trabalho tem como finalidade em primeiro lugar verificar a influência dessa folga entre o sensor e o furo do bloco seco (inserto) e em segundo o efeito da

profundidade em que o mensurando está inserido no bloco em uma calibração, pois nem sempre a haste do instrumento chega ao fundo do bloco. Para esse fim foram fixadas quatro temperaturas 30 °C, 40 °C, 50 °C e 60 °C, medir três séries e quatro alturas 0, 10, 30 e 50 mm, em relação ao fundo do “inserto”. Para cada série e cada altura foram calculados o erro e a incerteza para cada ponto medido. Para eliminar o efeito da folga, foi fabricado um bloco especial com furo cego com diâmetro de 19 mm, que foi utilizado para a calibração da termoresistência uma vez na condição de bloco seco e em seguida preenchendo o volume com óleo de silicone, na mesma seqüência utilizada nos blocos padronizados. Para a realização dos experimentos foi utilizada parte da bancada de calibração de temperatura existente no Laboratório de Metrologia da UFRN – LabMetrol, como pode ser visto na Fig. (1):

- Termoresistência tipo Pt-100;
- Calibrador de temperatura tipo bloco seco T- 350P;
- Jogo de blocos de prova (banhos secos) ou “insertos”.

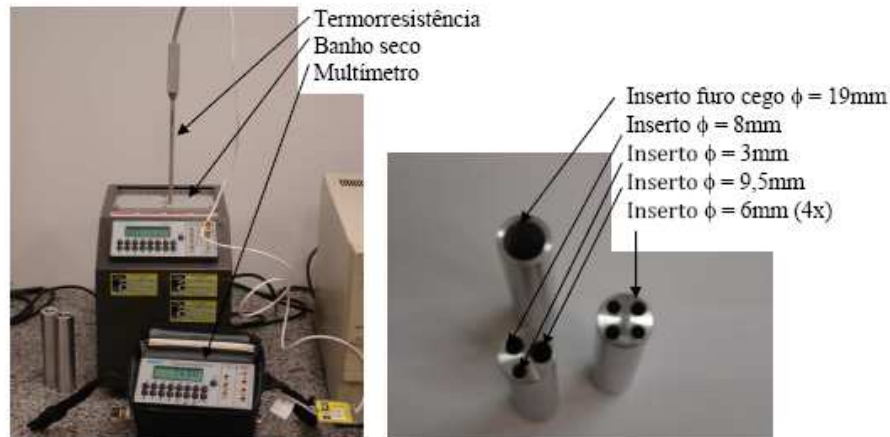


Figura 1. Padrões da grandeza temperatura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fica explícita a influência do diâmetro do bloco de prova na temperatura registrada, ou seja, para este tipo de calibrador se faz necessário que o sensor de temperatura, seja ele termômetro bimetalico, de bulbo, termopar ou termoresistência esteja bem ajustado ao inserto para não haver um aumento na incerteza e no erro do resultado, causados por correntes de convecção.

Para estudar uma solução para os casos em que não se dispõe de um inserto adequado para os diâmetros dos sensores de temperatura, foi utilizado um inserto com diâmetro de Ø19 mm (tipo furo cego). Foram feitos dois ensaios, um com a termoresistência simplesmente colocada no furo do inserto e o segundo utilizando água para preencher os vazios em torno do sensor e garantir contato uniforme em o meio térmico e o sensor, além de minimizar o efeito da corrente de convecção. Os resultados foram bastante satisfatórios o que pode ser verificado nas próximas seções com o auxílio das tabelas e dos gráficos.

3.1. Tabelas dos Dados Obtidos

Tabela 1 - Resultado do experimento com furo de 6 mm

INSERTO COM FURO DE 6mm:									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,98	29,96	29,98	30,00	30,00	30,00	29,97	-0,03	± 0,08
40	40,01	39,99	40,01	40,00	40,00	40,00	40,00	0,00	± 0,08
50	50,03	50,03	50,04	50,00	50,00	50,00	50,03	0,03	± 0,08
60	60,07	60,06	60,05	60,00	60,00	60,00	60,06	0,06	± 0,08
Elevação de 10mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,96	29,96	29,97	30,00	30,00	30,00	29,96	-0,04	± 0,08
40	39,99	39,98	40,00	40,00	40,00	40,00	39,99	-0,01	± 0,08
50	50,02	50,03	50,03	50,00	50,00	50,00	50,03	0,03	± 0,08
60	60,06	60,06	60,04	60,00	60,00	60,00	60,05	0,05	± 0,08
Elevação de 30mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,98	29,97	29,97	30,00	30,00	30,00	29,97	-0,03	± 0,08
40	40,00	39,98	39,97	40,00	40,00	40,00	39,98	-0,02	± 0,08
50	50,04	50,02	50,03	50,00	50,00	50,00	50,03	0,03	± 0,08
60	60,05	60,08	60,05	60,00	60,00	60,00	60,06	0,06	± 0,08
Elevação de 50mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,96	29,97	29,97	30,00	30,00	30,00	29,97	-0,03	± 0,08
40	39,98	40,00	39,99	40,00	40,00	40,00	39,99	-0,01	± 0,08
50	49,99	50,01	50,03	50,00	50,00	50,00	50,01	0,01	± 0,08
60	60,02	60,07	60,05	60,00	60,00	60,00	60,05	0,05	± 0,08

Tabela 2 - Resultado do experimento com furo de 8 mm

INSERT COM FURO DE 8mm:									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,93	29,91	29,93	30,00	30,00	30,00	29,92	-0,08	± 0,08
40	39,93	39,89	39,91	40,00	40,00	40,00	39,91	-0,09	± 0,08
50	49,95	49,88	49,9	50,00	50,00	50,00	49,91	-0,09	± 0,08
60	59,94	59,9	59,89	60,00	60,00	60,00	59,91	-0,09	± 0,08
elevação de 10mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,92	29,93	29,95	30,00	30,00	30,00	29,93	-0,07	± 0,08
40	39,87	39,93	39,94	40,00	40,00	40,00	39,91	-0,09	± 0,08
50	49,89	49,92	49,94	50,00	50,00	50,00	49,92	-0,08	± 0,08
60	59,87	59,95	59,95	60,00	60,00	60,00	59,92	-0,08	± 0,08
Elevação de 30mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,79	29,87	29,88	30,00	30,00	30,00	29,85	-0,15	± 0,08
40	39,73	39,79	39,85	40,00	40,00	40,00	39,79	-0,21	± 0,08
50	49,68	49,74	49,78	50,00	50,00	50,00	49,73	-0,27	± 0,08
60	59,62	59,76	59,77	60,00	60,00	60,00	59,72	-0,28	± 0,08
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
40	39,41	39,64	39,65	40,00	40,00	40,00	39,57	-0,43	± 0,08
50	49,37	49,5	49,5	50,00	50,00	50,00	49,46	-0,54	± 0,08
60	59,1	59,41	59,45	60,00	60,00	60,00	59,32	-0,68	± 0,09

Tabela 3 - Resultado do experimento com furo de 9,5 mm

INSERTO COM FURO DE 9,5mm:									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,95	29,87	29,9	30,00	30,00	30,00	29,91	-0,09	± 0,08
40	39,9	39,74	39,81	40,00	40,00	40,00	39,82	-0,18	± 0,08
50	49,92	49,76	49,83	50,00	50,00	50,00	49,84	-0,16	± 0,08
60	59,92	59,89	59,93	60,00	60,00	60,00	59,91	-0,09	± 0,08
Elevação de 10mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,89	29,84	29,92	30,00	30,00	30,00	29,88	-0,12	± 0,08
40	39,86	39,82	39,87	40,00	40,00	40,00	39,85	-0,15	± 0,08
50	49,8	49,79	49,82	50,00	50,00	50,00	49,80	-0,20	± 0,08
60	59,75	59,79	59,83	60,00	60,00	60,00	59,79	-0,21	± 0,08
Elevação de 30mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,73	29,7	29,63	30,00	30,00	30,00	29,67	-0,34	± 0,08
40	39,59	39,52	39,37	40,00	40,00	40,00	39,49	-0,51	± 0,08
50	49,63	49,37	49,26	50,00	50,00	50,00	49,42	-0,58	± 0,09
60	59,5	59,26	59,19	60,00	60,00	60,00	59,32	-0,68	± 0,09
elevação de 50mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,53	29,37	29,4	30,00	30,00	30,00	29,43	-0,57	± 0,08
40	39,19	38,96	39,04	40,00	40,00	40,00	39,06	-0,94	± 0,08
50	48,89	48,43	48,79	50,00	50,00	50,00	48,70	-1,30	± 0,09
60	58,5	58,19	58,3	60,00	60,00	60,00	58,33	-1,67	± 0,08

Tabela 4 - Resultado do experimento com furo de 19 mm sem preenchimento

INSERTO COM FURO CEGO - SEM ÁGUA:									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,43	29,35	29,71	30,00	30,00	30,00	29,50	-0,50	± 0,09
40	39,09	38,91	39,32	40,00	40,00	40,00	39,11	-0,89	± 0,09
50	48,89	48,55	48,97	50,00	50,00	50,00	48,80	-1,20	± 0,09
60	58,64	58,2	58,46	60,00	60,00	60,00	58,43	-1,57	± 0,09
Elevação de 10mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,13	29,57	29,48	30,00	30,00	30,00	29,39	-0,61	± 0,09
40	38,5	38,63	38,83	40,00	40,00	40,00	38,65	-1,35	± 0,09
50	48,04	48,24	48,42	50,00	50,00	50,00	48,23	-1,77	± 0,09
60	57,36	57,84	57,96	60,00	60,00	60,00	57,72	-2,28	± 0,10
Elevação de 30mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	28,57	28,89	28,67	30,00	30,00	30,00	28,71	-1,29	± 0,09
40	37,54	37,66	37,69	40,00	40,00	40,00	37,63	-2,37	± 0,08
50	46,63	46,52	46,71	50,00	50,00	50,00	46,62	-3,38	± 0,08
60	55,89	55,75	55,9	60,00	60,00	60,00	55,85	-4,15	± 0,08
Elevação de 50mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	28,05	27,92	28,00	30,00	30,00	30,00	27,99	-2,01	± 0,08
40	36,51	36,31	36,29	40,00	40,00	40,00	36,37	-3,63	± 0,08
50	44,84	44,76	44,96	50,00	50,00	50,00	44,85	-5,15	± 0,08
60	53,99	53,57	53,61	60,00	60,00	60,00	53,72	-6,28	± 0,09

Tabela 5 - Resultado do experimento com furo de 19 mm com preenchimento

INSERT TIPO CANECA COM ÁGUA:									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,97	29,97	29,98	30,00	30,00	30,00	29,97	-0,03	± 0,08
40	39,97	39,98	40,00	40,00	40,00	40,00	39,98	-0,02	± 0,08
50	49,95	49,97	49,98	50,00	50,00	50,00	49,97	-0,03	± 0,08
60	59,92	59,95	59,94	60,00	60,00	60,00	59,94	-0,06	± 0,08
Elevação de 10mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,97	29,97	29,96	30,00	30,00	30,00	29,97	-0,03	± 0,08
40	39,97	39,96	39,95	40,00	40,00	40,00	39,96	-0,04	± 0,08
50	49,95	49,94	49,97	50,00	50,00	50,00	49,95	-0,05	± 0,08
60	59,92	59,92	59,94	60,00	60,00	60,00	59,93	-0,07	± 0,08
Elevação de 30mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,98	29,97	29,96	30,00	30,00	30,00	29,97	-0,03	± 0,08
40	39,97	39,98	39,99	40,00	40,00	40,00	39,98	-0,02	± 0,08
50	49,99	49,98	49,97	50,00	50,00	50,00	49,98	-0,02	± 0,08
60	59,99	59,98	59,97	60,00	60,00	60,00	59,98	-0,02	± 0,08
Elevação de 50mm									
VVC	MENSURANDO			PADRÃO			MEDIA	DESVIO	INCERTEZA
30	29,98	29,97	29,98	30,00	30,00	30,00	29,98	-0,02	± 0,08
40	39,92	39,91	39,93	40,00	40,00	40,00	39,92	-0,08	± 0,08
50	49,87	49,87	49,88	50,00	50,00	50,00	49,87	-0,13	± 0,08
60	59,87	59,83	59,83	60,00	60,00	60,00	59,84	-0,16	± 0,08

3.2. GRÁFICOS

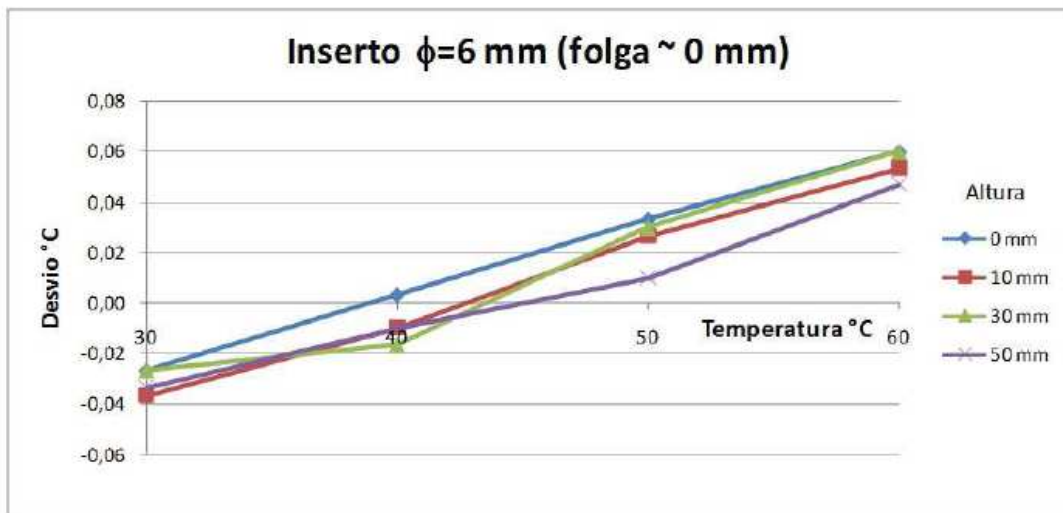


Figura 2. Inserto de 6 mm.

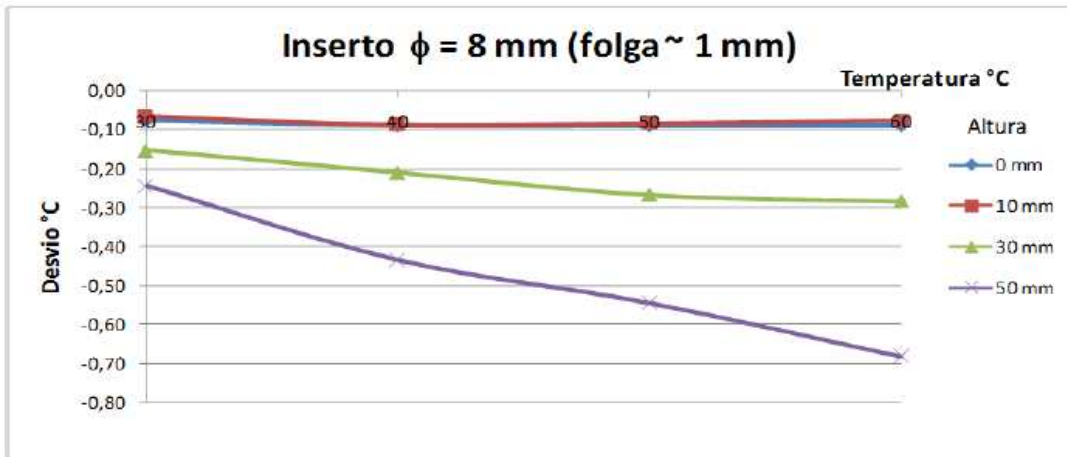


Figura 3. Inserto de 8 mm.

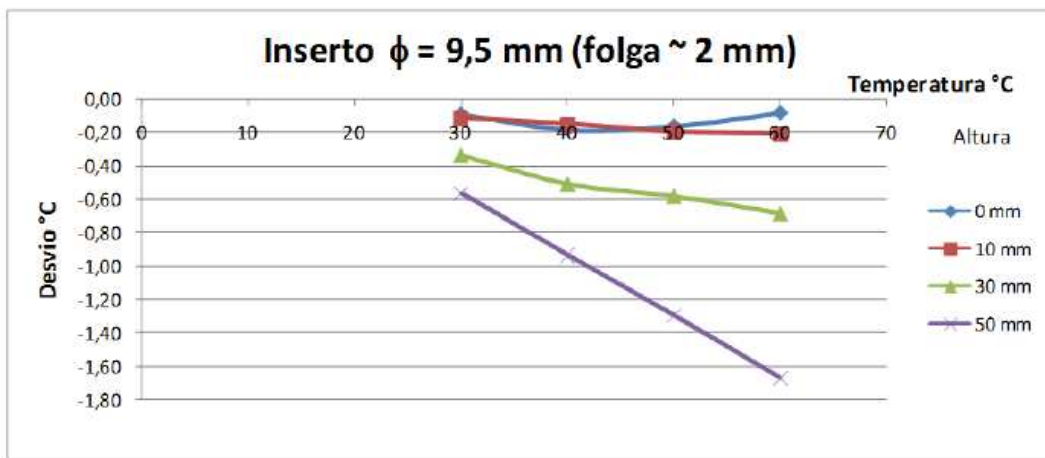


Figura 4. Inserto de 9,5 mm.

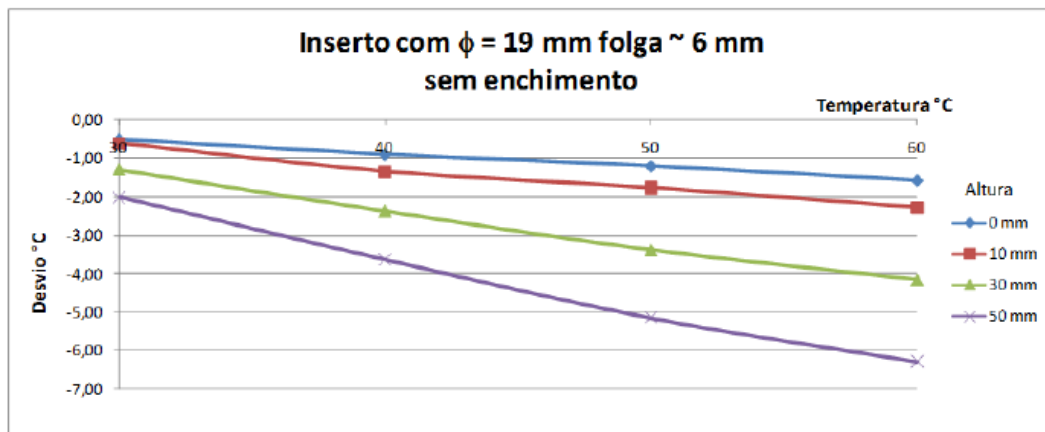


Figura 5. Inserto de 19 mm sem enchimento.

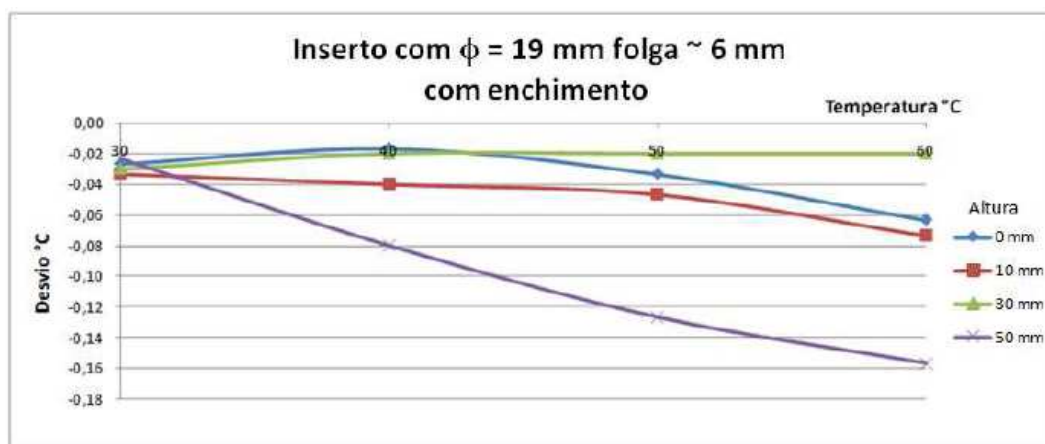


Figura 6. Inseto de 19 mm com enchimento.

4. CONCLUSÕES

Os dados acima mostram que é possível obter bons resultados com uma pequena modificação nos insertos, visto que na situação ideal com o sensor de temperatura totalmente envolvido, o desvio padrão variou de $-0,03^{\circ}\text{C}$ a $0,06^{\circ}\text{C}$, à medida que o sensor foi posto em outros insertos que possuíam dimensões gradativamente maiores isto fez com que fosse gerada uma folga cada vez maior entre eles, sendo observado com isto, um aumento no desvio padrão que variou originalmente de $-0,03^{\circ}\text{C}$ no inserto de 6 mm chegando a $-6,28^{\circ}\text{C}$ no de 19 mm. Com o objetivo de diminuir esta variação no desvio padrão gerada por folgas entre o sensor de temperatura e o inserto, pois devido à grande variedade de dimensões dos sensores de temperatura ficaria economicamente inviável confeccionar para cada um destes um inserto apropriado, utilizou-se o inserto com furo cego e um fluido de enchimento, como resultado houve uma redução do desvio padrão de $-6,28^{\circ}\text{C}$ para $-0,16^{\circ}\text{C}$, no inserto de 19 mm quando este inicialmente estava vazio e posteriormente enchido com água. Sendo este líquido de enchimento a água, como utilizado nos experimentos, ou outros líquidos como silicone e óleos próprios para tais tipos de ensaios, fazendo com que a tais sensores possam ser calibrados em temperaturas maiores que 60°C . Dessa maneira pode-se com uma alteração de baixo custo e um baixo consumo de fluido de enchimento transformar o banho térmico de bloco seco em um banho líquido mais versátil, pois não limita uso do sensor com dimensões padronizadas. Outro ponto importante a ser observado é a profundidade de imersão, como se pode notar pelos gráficos, teve uma forte influência nos resultados fazendo com que o desvio padrão fosse alterado a cada elevação, principalmente no caso de se ter uma folga considerável entre o inserto e o sensor.

5. AGRADECIMENTOS

Conferimos os agradecimentos ao laboratório de metrologia da UFRN – LabMetrol pelo aprendizado concedido; E ao PRH-14 da ANP, por financiarem as bolsas de estudo para o laboratório.

6. REFERÊNCIAS

- European Co-operation for Accreditation, EA- 10/13, 2000, “Guidelines on the Calibration of Temperature Block Calibrators”, pp 05 – 10.
- Procedimento CTGÁS - IT-LTG-038, 2003, “Levantamento da uniformidade e estabilidade dos banhos de calibração”, rev. 01, pp 2 – 6.
- Link W., 2000, “Tópicos Avançados da Metrologia Mecânica - Confiabilidade Metrológica e suas Aplicações” 263pgs.
- Tong , A. 2001, “Improving the accuracy of temperature measurement, Sensor Review”, vol 21, n°3.
- VIM, 2000, “Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia INMETRO” – 75 pgs.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores Dabney Sérgio Guedes de Moraes , Luiz Pedro de Araujo e Walter Link são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

OPTIMIZATION OF A TEMPERATURE CALIBRATION

Dabney Sérgio Guedes de Morais, dabneysergio@hotmail.com¹

Luiz Pedro de Araujo, lpedro@dem.ufrn.br¹

Walter Link, walter_link@uol.com.br¹

Hallyjus Alves Bezerra, hallyjusdias@yahoo.com.br¹

¹UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal/RN – Brasil.

Abstract. *This work aims to improve the procedure of the calibrations of temperature measuring instrument in the Laboratory of Metrology of the UFRN - LabMetrol, such as thermocouple, thermometers, Resistance Thermometer using a Presys thermal bath type dry block, guaranteeing to the procedure a higher reliability to the results. The experiments were made in the Laboratory of Metrology, using, as first step, a Resistance Thermometer (Pt-100) with the Presys thermal model T- 350P and a set of blocks (insert) with holes from 6mm to 19 mm, filled with water or not.. The calibration process consisted in take measurements in the range of 30°C to 60°C varying the height of the Pt-100 between 10 mm, 30 mm and 50 mm from the bottom, to provide the simulation of the diverse situation that can occur in the calibration of temperature sensors. The deviation and the uncertainty of measurement were used to evaluate the best calibrating method to minimize this effect. In the case where the temperature sensor and the hole had a larger gap was observed an increase of measuring error and the deviation, this problem were solved using the blocks (insert) filled with a fluid, becoming better results in a practical and economical way.*

Keywords: *Calibration, temperature, metrology, uncertain.*