

1 Introdução

1.1 Apresentação

Em 1989 o Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM) aprovou a adoção da Escala Internacional de Temperatura de 1990 (ITS-90) [1], que foi elaborada de acordo com os requisitos incorporados na 7ª Resolução da 18ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) de 1987.

Dentre as mudanças em relação à escala vigente à época, destaca-se a retirada do termopar Pt/Pt10%Rh como instrumento de interpolação [2]. Isso ocorreu em virtude das características desse instrumento no concernente à sua estabilidade, à sua repetitividade e à sua reprodutibilidade que se mostravam inferiores às do termômetro de resistência de platina (TRP), que passou a ser o instrumento de interpolação dessa nova escala, até o ponto de solidificação da prata. Em compensação, a medição de temperatura através de um TRP, com o nível de exatidão adequado à ITS-90, exige um investimento financeiro muito maior do que o necessário para a medição de temperatura com o uso de um termopar em qualquer circunstância, além de um grau de complexidade muito mais alto no processo.

Além do aspecto financeiro e da complexidade no uso, o TRP apresenta outras desvantagens em relação ao termopar, podendo ser destacada a sua grande suscetibilidade a vibrações e choques mecânicos ou térmicos, no que se refere à sua estabilidade de calibração. Isso ocorre devido à própria concepção desse tipo de instrumento, que tem seu bulbo resistivo formado por um fino fio de platina, que apresenta variações em sua resistência em função da temperatura. A resistência é porém, também dependente da área da seção reta e do comprimento do fio e, como a platina é um metal consideravelmente macio, qualquer choque ou vibração pode ocasionar trabalho mecânico indesejável, modificando a condição física desse fio.

Em consequência desses fatores, diversos cientistas de vários países do mundo têm realizado pesquisas com novos processos de medição e novos tipos de termopar, em especial aqueles formados por metais nobres puros, como o AuPt por exemplo, buscando a redução dos níveis de incerteza desse tipo de

instrumento para que o mesmo seja usado como uma alternativa economicamente viável ao TRP, sem que haja perda significativa no que se refere à exatidão de medição, tanto em processos laboratoriais quanto em industriais.

1.2

Objetivos

Neste trabalho são avaliadas a estabilidade e a homogeneidade termoeletrica de um termopar formado por um fio de ouro e outro de platina (termopar AuPt), ambos com pureza melhor que 99,999%, comparando o seu desempenho com outros tipos de sensores de temperatura, particularmente o termopar Pt/Pt10%Rh, que foi utilizado como instrumento de interpolação nas versões passadas da Escala Internacional de Temperatura, e o termômetro de resistência de platina de alta temperatura (TRPAT), que é o instrumento de interpolação da atual escala na maior parte da faixa em que o termopar Pt/Pt10%Rh era utilizado.

O principal objetivo desse estudo é a quantificação das características de um termopar AuPt para produzir argumentos que conduzam a um questionamento sobre a viabilidade do uso de um termopar AuPt em alternativa ao de um TRP como instrumento de interpolação na faixa de temperatura da ITS-90 que vai do ponto do alumínio ao ponto da prata. Busca-se também fornecer subsídios para que laboratórios de calibração do País, principalmente os pertencentes à Rede Brasileira de Laboratórios de Calibração (RBC), possam reduzir os níveis de incerteza de suas medições de temperatura, sem que haja a necessidade de grandes investimentos financeiros. Além disso, é investigada a viabilidade do uso do termopar AuPt em processos industriais, como uma alternativa a outros tipos de termômetro, principalmente os termômetros de resistência de platina industriais, com níveis de incerteza similares.

1.3

Resultados esperados

Com este estudo, espera-se fornecer os subsídios necessários a uma avaliação das características típicas de um termopar AuPt, comparando suas propriedades, através de testes de repetitividade e da homogeneidade termoeletrica dos seus fios, com as propriedades típicas do TRP e o do termopar

Pt/Pt10%Rh.

Espera-se também oferecer dados para o desenvolvimento de uma planilha de incerteza para o termopar AuPt, não só no ponto de estudo, mas em toda a faixa de utilização desse instrumento e, além disso, quantificar as diferenças entre o termopar AuPt, o termopar Pt/Pt10%Rh e o TRP no concernente às incertezas associadas às suas medições e, ainda, avaliar a estabilidade termoeletrica do termopar AuPt com relação ao seu uso prolongado em altas temperaturas, próximo ao seu limite máximo de utilização.

Este estudo pode proporcionar aos laboratórios de calibração do País, em especial àqueles credenciados ao Inmetro (pertencentes à RBC ou RBLE), uma sensível elevação no nível de sua *melhor capacidade de medição* (MCM) em calibrações de termômetros usando termopares AuPt como padrões. A MCM é um índice que representa a menor incerteza que um laboratório pode alcançar com seus equipamentos e técnicas.

No desenvolvimento desse estudo, todo o processo experimental foi realizado no Laboratório de Termometria da Divisão de Metrologia Térmica do Inmetro, sendo utilizados os padrões nacionais de temperatura como referência. Esses padrões, que são classificados como primários, estão harmonizados com padrões internacionalmente aceitos, sendo este fato comprovado através de comparações internacionais com institutos metrológicos tradicionais, consagrados historicamente, como por exemplo o Nist, nos Estados Unidos da América, o NPL, no Reino Unido, o PTB, na Alemanha e o NRC, no Canadá.

1.4

Conceitos metrológicos

São aqui apresentados alguns conceitos metrológicos julgados de relevância para o entendimento do texto deste trabalho.

1.4.1

O Sistema Internacional de Unidades

Em 1960, a 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), através da sua Resolução 12, adotou o nome Sistema Internacional de Unidades (SI) para o conjunto de unidades de base definidos na Resolução 6 da 10ª CGPM, de 1954. A

14ª CGPM, de 1971, em sua Resolução 3, complementou a Resolução 6 da 10ª CGPM, definindo como unidades de base, as unidades das sete grandezas aceitas atualmente, que são comprimento, massa, tempo, intensidade de corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de matéria e intensidade luminosa [3].

1.4.2 **Padrão**

Em qualquer medição, de qualquer grandeza, é necessário que se tenha um valor conhecido como referência (padrão) para que se possa associá-lo ao valor obtido na medição. Padrão é definido como sendo medida materializada, instrumento de medição, material de referência ou sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir como referência [4].

1.4.3 **Padrão de referência**

É o padrão que possui a melhor exatidão de um determinado laboratório. Padrão de referência é definido como sendo o padrão, geralmente tendo a mais alta qualidade metrológica disponível em um dado local ou em uma dada organização, a partir do qual as medições lá executadas são derivadas [4].

1.4.4 **Padrão primário**

Padrão primário é definido como sendo o padrão que é designado ou amplamente reconhecido como tendo as mais altas qualidades metrológicas e cujo valor é aceito sem referência a outros padrões de mesma grandeza [4]. No caso da grandeza temperatura, padrões primários correspondem às células de pontos fixos de definição, que serão comentadas no capítulo 3 deste trabalho.

1.4.5 **Padrão nacional**

É o padrão de referência de um determinado país. No caso do Brasil, os

padrões nacionais de temperatura são as células de pontos fixos de temperatura do Laboratório de Termometria do Inmetro. É definido como sendo o padrão reconhecido por uma decisão nacional para servir, em um país, como base para atribuir valores a outros padrões da grandeza a que se refere [4].

1.4.6 Calibração

É definido como o conjunto de operações que estabelece sob, condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões [4]. Em outras palavras, pode-se dizer que calibração é o levantamento da relação entre um valor medido e um padrão com um valor similar. É importante ressaltar que normalmente uma calibração somente é válida para um determinado instrumento individualmente, não podendo ser associada a outros instrumentos similares. Porém esse instrumento que recebe a calibração pode ser usado como um padrão para calibração de outros.

1.4.7 Rastreabilidade

Todas as medições devem estar relacionadas a uma mesma referência estabelecida, para que haja homogeneidade nos valores encontrados. Rastreabilidade é definida como sendo a propriedade do resultado de uma medição ou do valor de um padrão estar relacionado a referências estabelecidas, geralmente a padrões nacionais ou internacionais, através de uma cadeia contínua de comparações, todas tendo incertezas estabelecidas [4]. Essa cadeia contínua de comparações é denominada cadeia de rastreabilidade.

1.4.8 Exatidão de medição

É um conceito qualitativo definido como o grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurando [4].

1.4.9 Repetitividade

É definida como sendo o grau de concordância entre os resultados de medições sucessivas de um mesmo mensurando efetuadas sob as mesmas condições de medição [4]. Pode ser quantificada, através da dispersão dos resultados.

1.4.10 Reprodutibilidade

É definida como sendo o grau de concordância entre os resultados das medições de um mesmo mensurando efetuadas sob condições variadas de medição [4]. As condições alteradas podem incluir o princípio de medição, o método de medição, o observador, o instrumento de medição, o padrão, o local, as condições de utilização e o tempo.