

# APLICAÇÕES DE TERMOPARES

Camila de Lima da Silva<sup>1</sup> - 20970020

Valdinei Dias da Costa<sup>2</sup> - 20970079

## RESUMO

Os termopares são os sensores de temperatura mais utilizados nas aplicações industriais, seja por sua robustez, seja por sua simplicidade de operação. Todavia, para que as medições de temperatura com termopar sejam significativas e confiáveis, é de fundamental importância conhecer não somente os princípios básicos de operação deste sensor, como também as condições necessárias que o usuário deve proporcionar para que tais princípios sejam válidos.

**Palavras-chaves:** Termopar, Tipos de Termopar, Temperatura.

## 1. Introdução

No ano de 1821, o físico alemão Thomas Seebeck descobriu acidentalmente através de uma experiência que a junção de dois metais gera uma tensão elétrica que é função da temperatura. O funcionamento dos termopares é baseado em tal fenômeno, que é conhecido como Efeito de Seebeck. Embora praticamente se possa construir um termopar com qualquer combinação de dois metais, utilizam-se apenas algumas combinações normalizadas, isto porque possuem tensões de saída previsíveis e suportam grandes gamas de temperaturas.

Os termopares são conversores de energia termoelétrica, porém são mais utilizados como sensores de temperatura. Sua maior utilização é devido a sua simplicidade e confiabilidade na medida. A maioria dos princípios básicos da termometria de termopares já era conhecida por volta de 1900, mas só recentemente tornou-se clara a verdadeira fonte do potencial termoelétrico.

O termopar é um transdutor que compreende dois pedaços de fios dissimilares, unidos em uma das extremidades. Comparado a outros transdutores é considerado

---

<sup>1</sup> Graduando em engenharia elétrica/ eletrônica FER/AEDB.  
email: camila.delimadasilva@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Graduando em engenharia de elétrica/ eletrônica FER/AEDB. Técnico de Manutenção na fábrica PSA Resende  
email: valdinei.dacosta@mpsa.com

barato, pode medir uma vasta gama de temperaturas e pode ser substituídos sem introduzir erros relevantes. A sua maior limitação é a exatidão, uma vez que erros inferiores a 1°C são difíceis de serem mensurados.

## 2. Aplicação

Os modelos que são atualmente disponíveis no mercado, vêm com diferentes padrões que permitem uma vasta gama de aplicações na indústria. Sendo assim, facilitando ao consumidor a obtenção do termopar necessário para aplicação desejada. Os fornecedores de termopares por sua vez, devem fornecer modelos de tabelas indicando o melhor tipo de termopar para uma faixa de temperatura e a relação de tensão para cada tipo de termopar.

Como os sinais de tensão gerados pelo termopar são muito pequenos, em determinadas situações se torna necessário à utilização de um amplificador, como no caso em que é necessário se obter a leitura das temperaturas medidas pelo mesmo. A relação de tensão com a oscilação de temperatura nem sempre é uma relação linear simples, podendo resultar na exigência de conversão das leituras de tensão em leituras de temperatura. Este tipo de informação na maioria das vezes é oferecido pelos fabricantes de termopares. A maioria dos fabricantes de termopares também produz dispositivos que convertem as tensões. Isso torna o uso de um sistema de aquisição de termopares baseado em temperatura ainda mais fácil de implementar.

Os termopares do **tipo J** geralmente são constituídos de Ferro (+) e Constantan (-), sendo estes termopares apropriados para medição em vácuo e atmosferas oxidantes, redutoras e inertes, em temperaturas que chegam até 760°C. A taxa de oxidação do ferro é alta a partir de 540°C, em que são recomendados elementos de bitola maior. Não é recomendado o uso deste termopar com elementos nus em atmosferas sulfurosas acima de 540°C.

**Aplicações:** Centrais de Energia, Metalúrgica, Química, Petroquímica, Indústrias em geral.

Os termopares do **tipo K** geralmente são constituídos de Cromel (+) e Alumel (-), sendo estes termopares recomendados para uso contínuo em atmosferas inertes ou oxidantes, em temperaturas de até 1250°C. Sua resistência à oxidação faz com que esses termopares sejam preferidos, principalmente nas temperaturas superiores a

540°C. Podem também ser utilizados para medições de  $-250^{\circ}\text{C}$  até  $0^{\circ}\text{C}$ , porém seus limites de erro foram estabelecidos somente para temperaturas superiores a  $0^{\circ}\text{C}$ . Tais termopares não são aconselhados quando se tem atmosferas redutoras, atmosferas sulfurosas (somente protegidos), no vácuo e em atmosferas que provocam a corrosão “Green-rot” do elemento positivo.

**Aplicações:** Metalúrgicas, Siderúrgicas, Fundição, Usina de Cimento e Cal, Vidros, Cerâmica, indústrias em geral.

Os termopares do **tipo T** geralmente são constituídos de Cobre (+) e Constantan (-), sendo estes termopares resistentes à corrosão em atmosferas úmidas e indicados também para a medição de temperaturas abaixo de zero. Seu limite superior de temperatura é de  $370^{\circ}\text{C}$ , pode ser utilizado em atmosferas oxidantes, redutoras ou inertes. Este é o único termopar cujos limites de erro estão estabelecidos para temperaturas abaixo de zero.

**Aplicações:** Criometria (baixas temperaturas), Indústrias de Refrigeração, Pesquisas Agrônômicas e Ambientais, Química e Petroquímica.

Os termopares do **tipo E** geralmente são constituídos de Cromel (+) e Constantan (-), sendo estes termopares recomendados para uso em faixas de temperatura entre  $0 - 870^{\circ}\text{C}$ , em atmosferas oxidantes ou inertes. Em atmosferas redutoras, alternadamente oxidantes e redutoras e no vácuo, estes termopares estão sujeitos às mesmas limitações dos termopares tipo K. São utilizados também para medições em temperaturas abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ , pois não estão sujeitos à corrosão em atmosferas úmidas. Porém, seus limites de erro para temperaturas abaixo de zero não estão normalizados. Apresentam como vantagem as maiores potências termoelétricas em relação a outros tipos de termopares, motivo pelo qual muitas vezes são preferidos.

**Aplicações:** Química e Petroquímica.

Os termopares do **tipo N** geralmente são constituídos de Nicrosil (+) e Nisil (-), sendo estes termopares são recomendados para uso em faixas de temperatura de  $0$  a  $1.260^{\circ}\text{C}$ . Comparado com o termopar tipo K é melhor alternativa em função de maior resistência à oxidação, melhor estabilidade em temperaturas altas e aumento da vida útil. Substitui o termopar tipo K em atmosferas em que este apresenta o problema denominado “green-rot”.

## 2.1 APLICAÇÕES DOS TERMOPARES NOBRES

Os termopares ditos nobres são os termopares do tipo B, tipo R e tipo S.

Os termopares do **tipo R** e do **tipo S** são constituídos de 13% Ródio (+) e Platina (-). Platina-10% Ródio (+) e Platina (-) – 13% Ródio (+) e Platina (-) respectivamente, sendo estes termopares recomendados para uso contínuo em atmosferas oxidantes ou inertes, a temperaturas que chegam até 1.450°C. Não devem ser utilizados em atmosferas redutoras, ou atmosferas que contenham vapores, a menos que devidamente protegidos com tubos NÃO metálicos. Termopares tipos S e R podem ser usados no vácuo por curtos períodos de tempo, e uma maior estabilidade será obtida com o uso de termopares tipo B. O uso contínuo dos termopares tipos S e R a altas temperaturas causa um desgaste excessivo que pode romper o termopar. Essas condições tornam a platina suscetível à contaminação, o que provoca a descalibração do termopar. Mudanças na calibração ocorrem também pela difusão de ródio do elemento negativo para o positivo, ou também pela volatilização do ródio do elemento positivo.

**Aplicações:** Metalúrgicas, Siderúrgicas, Fundição, Usina de Cimento, Vidros, Cerâmica, e Pesquisa Científica. E utilizado em "Sensores Descartáveis" na faixa de 1200°C a 1768°C, para medição de temperatura de metais líquidos em Siderúrgicas e Fundições.

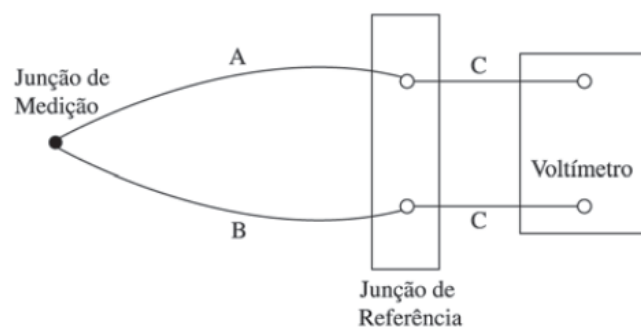
Os termopares do **tipo B** são geralmente constituídos de Platina–30% Ródio (+) e Platina–6% Ródio (-), sendo estes termopares recomendados para uso contínuo em atmosferas inertes ou oxidantes, à temperatura limite de 1.700°C. São também indicados para operar no vácuo até sua temperatura limite. Não é aconselhado o uso destes termopares em ambientes redutores ou que contenham vapores, a menos que devidamente protegidos com tubos de proteção NÃO metálicos. Sob condições adequadas de temperatura e ambiente, os termopares tipo B demonstram menos desgaste a menores desvios de calibração. Os termopares tipo B apresentam vantagens sobre os termopares tipos S e R, em relação a não necessidade de utilização de cabos de compensação específicos.

**Aplicações:** Vidro, Siderúrgica, alta temperatura em geral.

### 3. Funcionamento

A medição de temperatura através de termopares parte do princípio de que dois condutores metálicos diferentes, "A e B" (figura 1), unidos numa das suas

extremidades, e esta exposta a uma variação de temperatura, gera uma força eletromotriz (F.E.M.) resultante das temperaturas nas suas extremidades "T1 e T2" (Junta de medida e Junta de referência), surge então uma tensão (normalmente da ordem de milivolts) entre os pontos A e B, denominada "tensão termoelétrica". Baseado neste princípio criaram-se as tabelas de correlação, que relacionam a FEM, gerada em função da temperatura, supondo-se a junta de referência a 0°C. Um termopar, portanto, consiste em dois condutores metálicos, de natureza distinta, na forma de metais puros ou de ligas homogêneas. Os fios são soldados em uma extremidade ao qual se dá o nome de junta quente ou junta de medição ou ainda, de medida. A outra extremidade dos fios é levada ao voltímetro, por exemplo, fechando um circuito elétrico por onde flui uma corrente elétrica. O ponto onde os fios que formam o termopar se conectam ao instrumento de medição é chamado de junta fria ou de referência.



**Figura 1-** Circuito para medir o potencial de Seebeck compreendendo dois fios diferentes, A e B, duas junções e um voltímetro. Fios de cobre conectam a junção de referência ao instrumento.

(Fonte: [http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n05/v7n5\\_6.pdf](http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v07n05/v7n5_6.pdf))

Existem tabelas normalizadas que indicam a tensão produzida por cada tipo de termopar para todos os valores de temperatura que suporta, por exemplo, o termopar tipo K com uma temperatura de 300°C produzirá 12,2 mV. Porém, não basta apenas ligar um voltímetro ao termopar e registrar o valor da tensão que é produzida, uma vez que ao ligarmos o voltímetro estamos criando uma segunda (e indesejada) junção no termopar. Para se fazer medições exatas devemos compensar tal efeito, o que é feito recorrendo a uma técnica conhecida por compensação por junção fria. A ligação de um voltímetro a um termopar não gera várias junções adicionais (ligações ao termopar, ligações ao aparelho de medida,

ligações dentro do próprio aparelho, etc...), devido à lei conhecida como lei dos metais intermediários, que afirma que ao inserirmos um terceiro metal entre os dois metais de uma junção de um termopar, bastam que as duas novas junções criadas com a inserção do terceiro metal estejam à mesma temperatura para que não se manifeste qualquer modificação na saída do termopar. Esta lei é também importante na própria construção das junções deste termopar, uma vez que assim se garante que ao soldar os dois metais a solda não irá afetar a medição. Contudo, na prática as junções dos termopares podem ser construídas soldando os materiais ou por aperto dos mesmos. Todas as tabelas normalizadas dão os valores da tensão de saída do termopar considerando que a segunda junção do termopar (a junção fria) é mantida a exatamente zero graus Celsius.

#### **4. Tipos e Características dos Termopares**

Existem várias combinações de dois metais condutores operando como termopares. Tais combinações de fios devem possuir uma relação razoavelmente linear entre temperatura e a tensão, sendo que estas também devem desenvolver uma tensão por grau de mudança de temperatura que seja detectável pelos equipamentos normais de medição. Para diversas aplicações foram desenvolvidas diversas combinações de pares de ligas metálicas, desde os mais corriqueiros de uso industrial, até os mais sofisticados para uso especial ou restrito a laboratório.

Tais combinações foram feitas para se obter uma alta potência termoelétrica, aliando-se ainda as melhores características como homogeneidade dos fios e resistência a corrosão, na faixa de utilização, assim cada tipo de termopar tem uma faixa de temperatura ideal de trabalho, que deve ser respeitada, para que se tenha a maior vida útil de tal equipamento.

##### **4.1 Divisão dos Termopares**

Os termopares podem ser divididos em três grupos de utilização: termopares básicos, termopares nobres e termopares especiais.

###### **4.1.1. Termopares Básicos**

Os termopares básicos são os termopares de maior uso industrial, em que os fios são de custo relativamente baixo e sua aplicação admite incertezas maiores. São eles:

- **TIPO K** – *O termopar tipo K é um termopar de uso genérico. Tem um baixo custo e, devido à sua popularidade estão disponíveis variadas sondas. Cobrem temperaturas entre os -200 e os 1200°C, tendo uma sensibilidade de aproximadamente 41µV/°C.*
- **TIPO T** – *Formado por Cobre e Constantan. Constantan é uma liga de cobre níquel compreendida no intervalo entre Cu (50 % a 65 %) e Ni (35 %). A composição mais utilizada para este tipo de termopar é de Cu (58 %) e Ni (42 %).*
- **TIPO J** – *A sua gama limitada (-40 a 750 °C) é a responsável pela sua menor popularidade em relação ao tipo K. Aplica-se, sobretudo com equipamento já velho que não é compatível com termopares mais ‘modernos’. A utilização do tipo J acima dos 760°C leva a uma transformação magnética abrupta que lhe estraga a calibração.*
- **TIPO E** – *Formado por uma liga chamada Cromel (Ni e Cr) e Constantan. Este termopar tem uma elevada sensibilidade (68 µV/°C) que o torna adequado para baixas temperaturas.*

#### **4.1.2. Termopares Nobres**

São aqueles em que os pares são constituídos de platina. Embora possuam custo elevado e exijam instrumentos receptores de alta sensibilidade devido à sua baixa potência termoelétrica, apresentam pequenas incertezas, dada a homogeneidade e pureza dos fios dos termopares. São eles:

- **TIPO S** – *São formados por uma liga de platina (90%) e ródio (10%) com platina. É utilizado em transdutores descartáveis na faixa de (1200 a 1768) °C, para medição de metais líquidos em siderúrgicas e fundições. Adequado para medição de temperaturas até aos 1600°C. Reduzida sensibilidade (10 µV/°C), elevada estabilidade e custo elevado.*
- **TIPO R** – *São formados por uma liga de platina (87%) e ródio (13%) com platina. Adequado para medição de temperaturas até aos 1600°C. Reduzida sensibilidade (10 µV/°C) e custo elevado.*

- **TIPO B** – *É formado por uma liga de platina (70%) e rhódio (30%) e outra de platina (94%) e rhódio (6%). Adequado para medição de temperaturas até aos 1800°C. Contra aquilo que é habitual nos outros termopares, este origina a mesma tensão na saída a 0 e a 42°C, o que impede a sua utilização abaixo dos 50°C.*

#### 4.1.3. Termopares Especiais

Diante das diversidades de aplicações, ao longo dos anos os tipos de termopares produzidos passaram a oferecer cada qual uma característica especial, porém, tais termopares apresentam restrições de aplicação que devem ser consideradas. Diante disso, novos tipos de termopares foram desenvolvidos para atender as condições de processo onde os termopares básicos não podem ser utilizados.

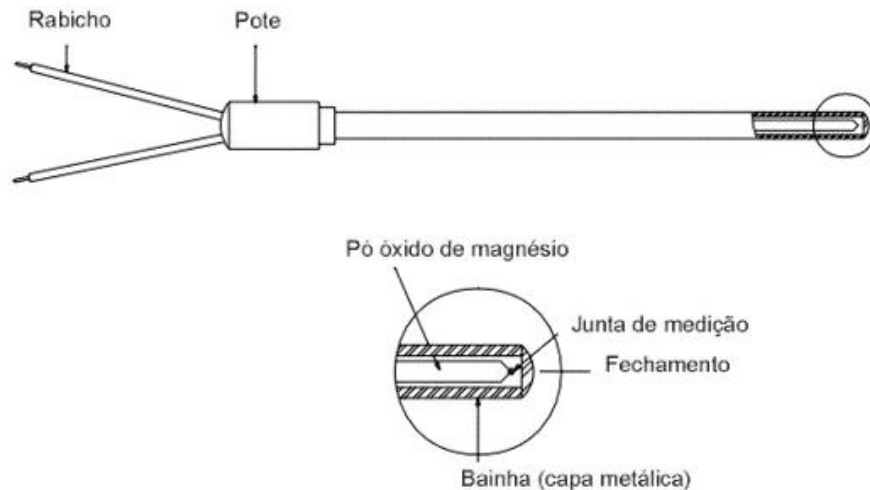
- **TIPO C - Tungstênio – Rhênio** - *Esses termopares podem ser usados continuamente até 2300 °C e por curto período até 2750 °C.*
- **Irídio 40% - Rhódio / Irídio** - *Esses termopares podem ser utilizados por períodos limitados até 2000°C.*
- **Platina - 40% Rhódio / Platina - 20% Rhódio** - *Esses termopares são utilizados em substituição ao tipo B onde temperaturas um pouco mais elevadas são requeridas. Podem ser usados continuamente até 1600°C e por curto período até 1850°C.*
- **Ouro-Ferro / Chromel** - *Esses termopares são desenvolvidos para trabalhar em temperaturas criogênicas.*
- **TIPO N - Nicrosil (Ni, Cr e Si) / Nisil (Ni, Si e Mn)** - *Basicamente, este novo par termoelétrico é um substituto para o par tipo K, pois apresenta maior estabilidade em altas temperaturas, porém, apresenta uma tensão um pouco menor em relação a ele.*

#### 5. Termopar de Isolação Mineral

O termopar de isolação mineral é constituído de um ou dois pares termoelétricos envolvidos por um pó isolante de óxido de magnésio, altamente compactado em uma bainha externa metálica. Devido a esta construção, os condutores do par termoelétrico ficam totalmente protegidos contra a atmosfera exterior,



consequentemente a durabilidade do termopar depende da resistência à corrosão da sua bainha e não da resistência à corrosão dos condutores. Em função desta característica, a escolha do material da bainha é fator importante na especificação destes.



**Figura 16 – Termopar de Isolação Mineral.**

(Fonte: <http://www.exacta.ind.br/?p=conteudo&id=193>)

### 2.6.1. Vantagens dos Termopares de Isolação Mineral

Os termopares de isolamento mineral são utilizados por possuírem algumas vantagens em diversos aspectos como:

- **Estabilidade da Tensão** - É caracterizada em função dos condutores estarem completamente protegidos contra a ação de gases e outras condições ambientais, que normalmente causam oxidação e consequentemente perda na tensão gerada.
- **Resistência Mecânica** - O pó muito bem compactado, contido dentro da bainha metálica, mantém os condutores uniformemente posicionados, permitindo que o cabo seja dobrado, achatado, torcido ou estirado, suporte pressões externas e choque térmico, sem qualquer perda das propriedades termoelétricas.
- **Dimensão Reduzida** - O processo de fabricação permite a produção de termopares de isolamento mineral, com bainhas de diâmetro externo de até 1,0 mm, permitindo a medição de temperatura em locais que não eram anteriormente possíveis com termopares convencionais.

- **Impermeabilidade à Água, Óleo e Gás** - *A bainha metálica assegura a impermeabilidade do termopar à água, óleo e gás.*
  - **Facilidade de Instalação** - *A maleabilidade do cabo, a sua pequena imensão, longo comprimento, grande resistência mecânica, asseguram facilidade de instalação, mesmo nas situações mais difíceis.*
  - **Adaptabilidade** - *A construção do termopar de isolamento mineral permite que o mesmo seja tratado como se fosse um condutor sólido. Em sua capa metálica podem ser montados acessórios, por soldagem ou brasagem e quando necessário, sua seção pode ser reduzida ou alterada em sua configuração.*
  - **Resposta Rápida** - *A pequena massa e a alta condutividade térmica do pó de óxido de magnésio proporcionam ao termopar de isolamento mineral um tempo de resposta que é virtualmente igual ao de um termopar descoberto de dimensão equivalente.*
  - **Resistência a Corrosão** - *As bainhas podem ser selecionadas adequadamente para resistir ao ambiente corrosivo.*
  - **Resistência de Isolação Elevada** - *O termopar de isolamento mineral tem uma resistência de isolamento elevada, numa vasta gama de temperaturas, a qual pode ser mantida sob condições mais úmidas.*
- Blindagem Eletrostática** - *A bainha do termopar de isolamento mineral, devidamente aterrada, oferece uma perfeita blindagem eletrostática ao par termoelétrico.*

## 6. Conclusão

Apesar de não possuírem uma resposta de tensão em relação à temperatura não linear, terem uma tensão termoelétrica baixa, requererem uma referência de temperatura, possuem pouca sensibilidade e apresentarem maiores incertezas de medição se comparados com outros transdutores, os termopares são muito utilizados devido suas vantagens.

A vantagem de ser utilizar um termopar advém de diversas qualidades, tais como: a robustez que ele apresenta a diversidade de tipos e modelos que atendem a diversificadas aplicações do mercado, são autogeradores, são baratos em relação aos outros transdutores e apresentam uma simplicidade de utilização.

## 7. Referências

**Medição de Temperatura.** Universidade Federal de Santa Catarina

Disponível em: <http://www.labmetro.ufsc.br/Disciplinas/EMC5236/Temperatura.pdf>.>

Acesso em 8 out. 2013.

COELHO, Marcelo S.- SENAI . **Dispositivos de Medição e Controle**

ISOLAÇÃO MINERAL, Termopares de. **MS Instrumentação Industrial.**

Disponível em : <<http://www.msinstrumentacao.com.br/index.asp?InCdSubSecao=1>>

. Acesso em 12 Out 2013.

TIPOS, Termopares. **Termopares.com.br**

Disponível em:< <http://www.termopares.com.br/>>. Acesso em 12 Out. 2013.

BRANCO, Renata. **Termopares e sua aplicação na indústria** . Manutenção e Suprimentos

Disponível em : <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/3410-termopares-e-sua-aplicacao-na-industria/> >. Acesso em 12 Out. 2013

Termopar, Equipe - **Aplicação e Faixa de Uso.**

[http://www.equipe-termopar.com.br/pdf/termopares/aplicacao\\_uso.pdf](http://www.equipe-termopar.com.br/pdf/termopares/aplicacao_uso.pdf)