



# ***Palestra técnica sobre Termometria***

***Ivan Santos***



**ROSEMOUNT**



**EMERSON**  
Process Management

# Sobre o Palestrante...

**Formação:** Engenheiro eletricista (ênfase em eletrônica)

**Instituição:** FESP (Faculdade de Engenharia São Paulo) - 2004

**Pós graduação:** MBA em Gestão de projetos - 2009

**Instituição:** Fundação Getúlio Vargas

## **Resumo profissional:**

Profissional com mais de 14 anos de experiência na área de automação industrial e instrumentação de campo para indústria de processo e manufatura, com atuação em empresas multinacionais e nacionais de grande porte como Emerson Automation Solutions, Grupo Votorantim e Festo Automação.

## **Ivan Santos**

**Consultor de aplicações e vendas – Pressão e Temperatura**

T +55 15 3413 8483

M +55 15 99201 3829

[ivan.santos@emerson.com](mailto:ivan.santos@emerson.com)

[https://www.linkedin.com/profile/preview?locale=en\\_US&trk=prof-0-sb-preview-primary-button](https://www.linkedin.com/profile/preview?locale=en_US&trk=prof-0-sb-preview-primary-button)

# Agenda

- ❑ Company Overview
- ❑ Definição e Conceitos de Temperatura
- ❑ RTD / PT-100
- ❑ Termopares
- ❑ Fios e Cabos de Extensão
- ❑ Fontes Potenciais de Erro
- ❑ Acessórios
- ❑ Especificando Sensores
- ❑ Poços de Proteção
- ❑ Transmissores de temperatura inteligentes (com fio e Wireless)
- ❑ Diagnósticos avançados em transmissores de temperatura
- ❑ Medição de temperatura não intrusiva

# A Emerson está Organizada em 5 Plataformas de Negócio

## Process Management



Válvulas de Controle e Reguladores

Instrumentos de Medição e Análise

Equipamentos Wireless

## Industrial Automation



Alternadores

Válvulas com Atuação Eletromecânicas

Solda Ultra-sônica

Inversores de Frequência

## Network Power



Equipamentos para Data Center

UPS

## Climate Technologies



Compressores

Controladores

Sistemas de Controle para Climatização

## Commercial & Residential Solutions



Trituradores de Alimentos

Ferramentas

Aspiradores para Secos/Molhados

# Marcas Emerson



# Emerson Process Management Brasil

## Uma empresa com presença nacional

44 anos de presença  
no Brasil

★ HQ: Sorocaba, SP

### Escritórios Regionais:

- ★ Macaé
- ★ Salvador
- ★ Rio de Janeiro
- ★ São Paulo
- ★ Belo Horizonte
- ★ Ribeirão Preto

### Representação Comercial:

- ★ Rio de Janeiro
- ★ São Paulo (Metropolitana)
- ★ Região Sul
- ★ Minas and Espírito Santo
- ★ Norte e Nordeste
- ★ São Paulo (Oeste) e Centro Oeste



# Emerson Sorocaba

## 25 mil m<sup>2</sup> de área construída



Prédio da **Emerson Process** com presença:

- Emerson Process Management
- Network Power
- Emerson Climate Technologies
- Emerson Industrial Automation
- Emerson Commercial & Residential Solutions

Mais de **1.000**  
funcionários no Brasil

Terreno de **75 mil m<sup>2</sup>**



# Capacidades de Fabricação e Serviços Locais



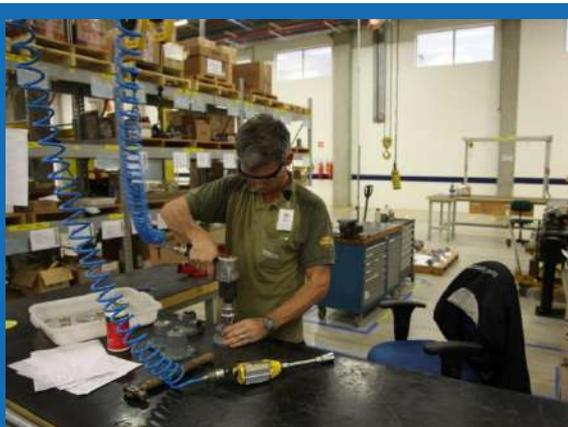
Válvulas de Controle



Transmissores de Pressão



Laboratório de Pressão e Temperatura



Reguladores



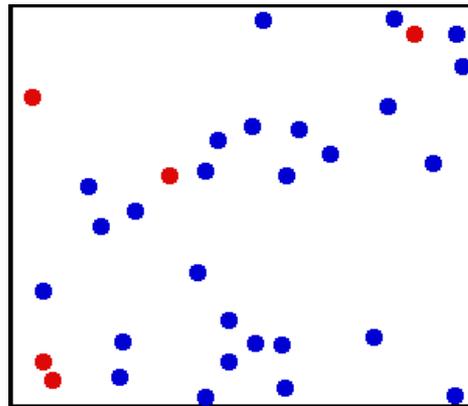
Skids de Regulagem e Medição de Gás Natural



Laboratório de Vazão

# Conceitos de Temperatura

- Temperatura é a medição da atividade molecular interna de um material (grau de agitação térmica das moléculas).
- É uma grandeza física que exprime o nível de calor, seja de um corpo, de um objeto ou do ambiente.
- Está associada a noção de frio (menor temperatura) e quente (maior temperatura)
- Em processos industriais é a segunda variável mais medida



# Conceitos de Temperatura

## ➤ Termometria

- Diz respeito a medição de temperatura e do estabelecimento de padrões para essa medição

## ➤ Pirometria

- Medição de altas temperaturas

## ➤ Criometria

- Medição de baixas temperaturas

# *História da Medição de Temperatura*

- ✓ *Galileu Galilei (1564/1642)*
- ✓ *Daniel Gabriel Fahrenheit (1686/1736)*
- ✓ *Anders Celsius (1701/1744)*
- ✓ *TJ Seebeck (1770/1831) Termopar*
- ✓ *Humphrey Davy (1778/1829) Termoresistencia*
- ✓ *William Thomson -Lord Kelvin (1824/1907)*

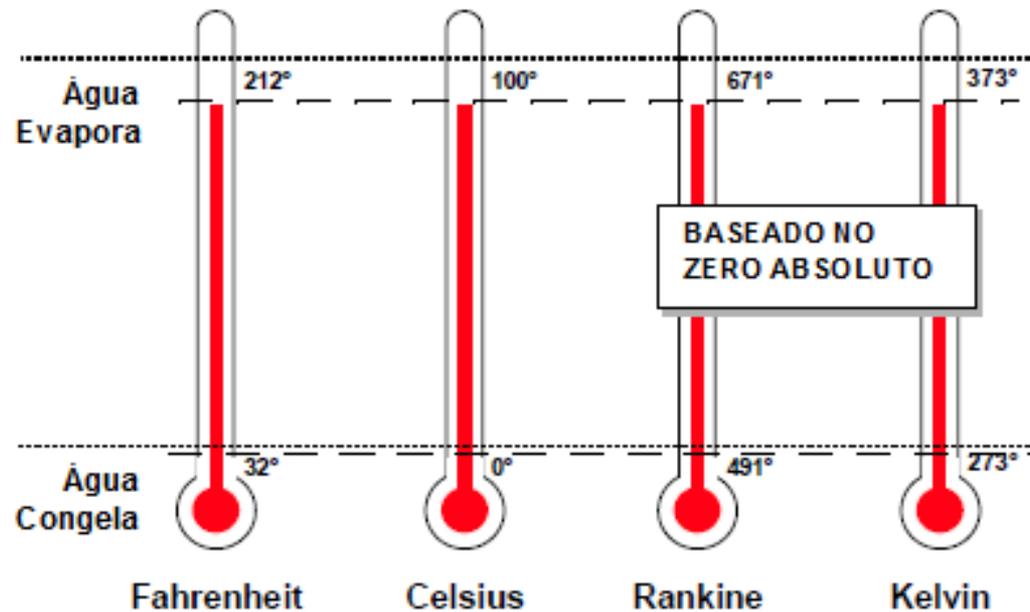


# *Por que medir Temperatura na indústria?*

- ❑ Controle da qualidade do produto e das reações químicas
- ❑ Controle e Monitoramento do processo
- ❑ Melhorar a eficiência do processo
- ❑ Reduzir custos (reduzir desperdícios)
- ❑ Questões de segurança
- ❑ Transferência de custódia
- ❑ Entre outras razões...

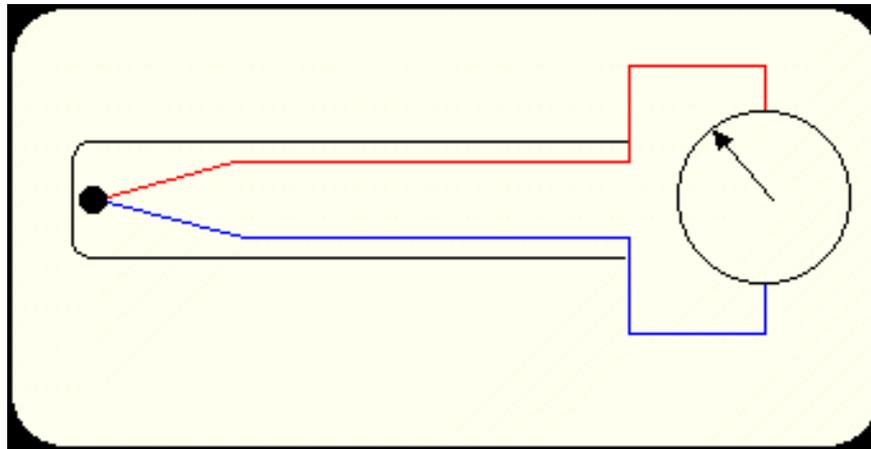
# Principais escalas de Temperatura

- ❑ *Fahrenheit*
- ❑ *Celsius (também chamada de Centígrados)*
- ❑ *Absoluta (Kelvin e Rankine)*



# Sensores de Temperatura

- Um sensor de temperatura é um dispositivo que responde a um estímulo físico/químico de maneira específica e mensurável.

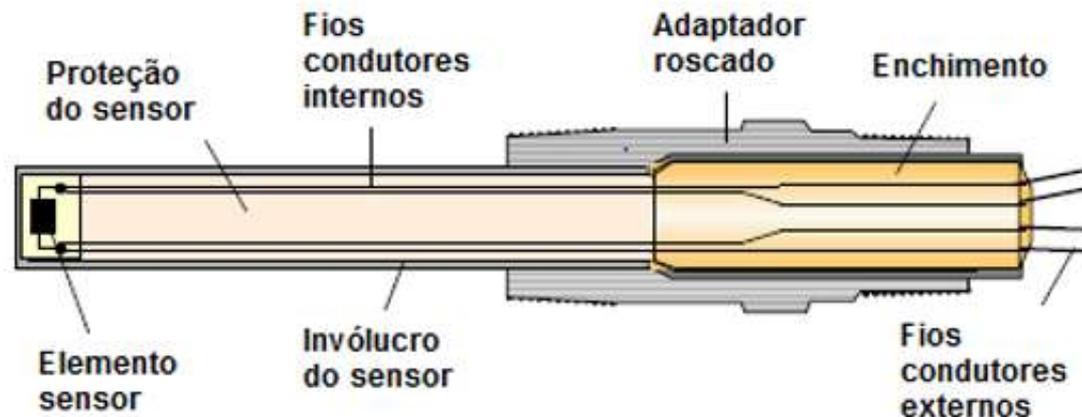


# ***Principais tipos de Sensores de Temperatura***

- **RTD (Resistance Temperature Detectors)**
- **Termopares**
- **Termômetros Bimetálicos**
- **Termômetros de líquido em vidro**
- **Termômetros a laser**
- **Termômetro à expansão de gás**
- **Termistores (NTC e PTC)**
- **Termostato**

# Características comuns de construção

- Os Termoresistores e Termopares possuem várias características de construção em comum.
  - ✓ Elemento Sensor
  - ✓ Proteção do Sensor (bainha)
  - ✓ Fios condutores
  - ✓ Adaptador roscado (opcional)



Características Comuns em Sensores de Temperatura

# Termoresistores (RTDs)

- Termoresistores operam a partir do princípio de que a resistência elétrica de um metal aumenta conforme a temperatura também aumenta, um fenômeno conhecido como termoresistividade.
- A medição de temperatura pode ser inferida através da medição da resistência ôhmica do elemento de termoresistor.

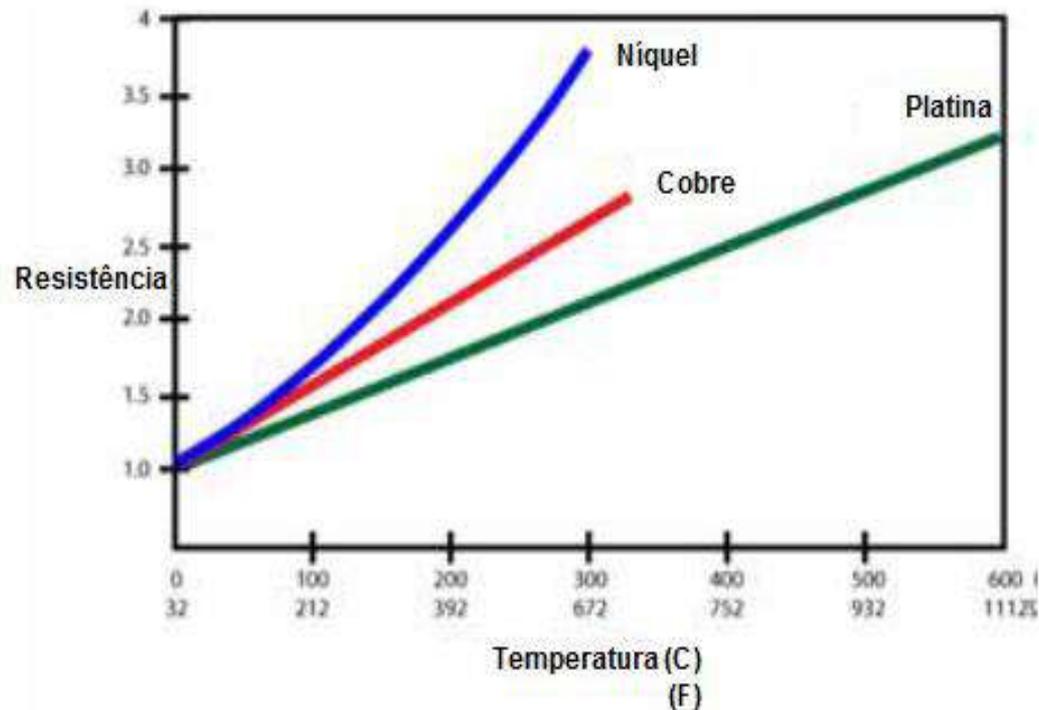
Os tipos de RTDs mais utilizados na indústria são:

- Termorresistências de platina Pt100, Pt1000
- Termistores PTC e NTC.

Obs: 0 °C 100 ohms; PT=Platina

# Materiais do Elemento Sensor do Termoresistor

- Os três tipos de metais mais utilizados para a construção de termoresistores são:
  - Platina
  - Cobre
  - Níquel.



# Características Termoresistivas

- As características termoresistivas variam dependendo da liga ou metal no qual ele é feito.
- Para ser possível a utilização no meio industrial a liga ou metal devem ter as seguintes características.
  - ✓ Uma relação previsível entre temperatura e resistência elétrica
  - ✓ Relativamente alta resistência que possa ser medida com facilidade
  - ✓ Resistência física
  - ✓ Estabilidade (Não vai derreter ou congelar) sobre o range da temperatura medida
  - ✓ Uma variação grande e de fácil medição na resistência por uma dada variação de temperatura

# Características dos RTDs

- Comparativo características versus Faixa de medição

Característica	Platina 100 $\Omega$	Cobre 100 $\Omega$	Níquel 120 $\Omega$
Range Útil de Temperatura	-260 a 800 °C	-100 a 150 °C	-100 a 500 °C
Linearidade Através do Range de Temperatura	Muito Boa	Muito Boa	Ruim

Características Termorresistivas dos Elementos Termoresistores

**RTDs de platina** são o tipo mais comum nos processos industriais por possuírem:

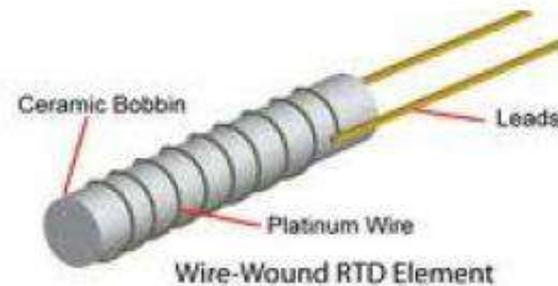
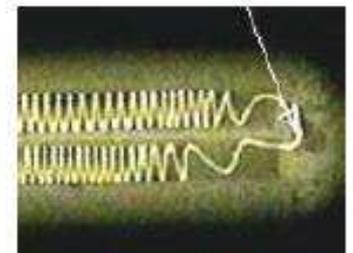
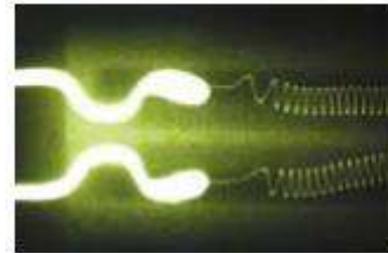
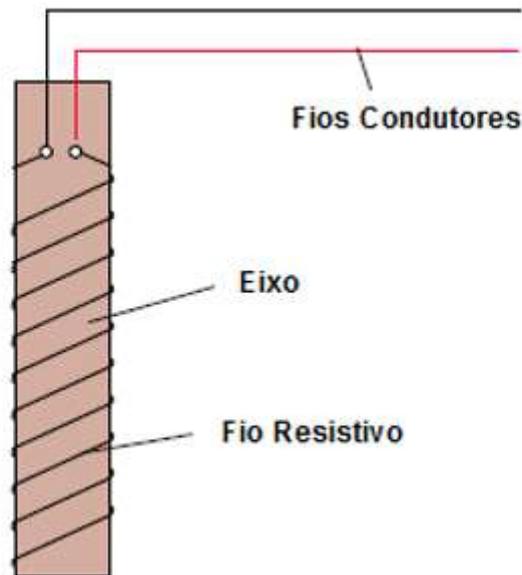
- ✓ Excelente precisão
- ✓ Excelente repetibilidade
- ✓ Altamente lineares
- ✓ Variação alta de resistência por grau de variação de temperatura.

# Tipos de elemento sensor p/ RTD

Os dois tipos mais comuns de elemento sensor são:

- Wire-Wound
- Thin-Film

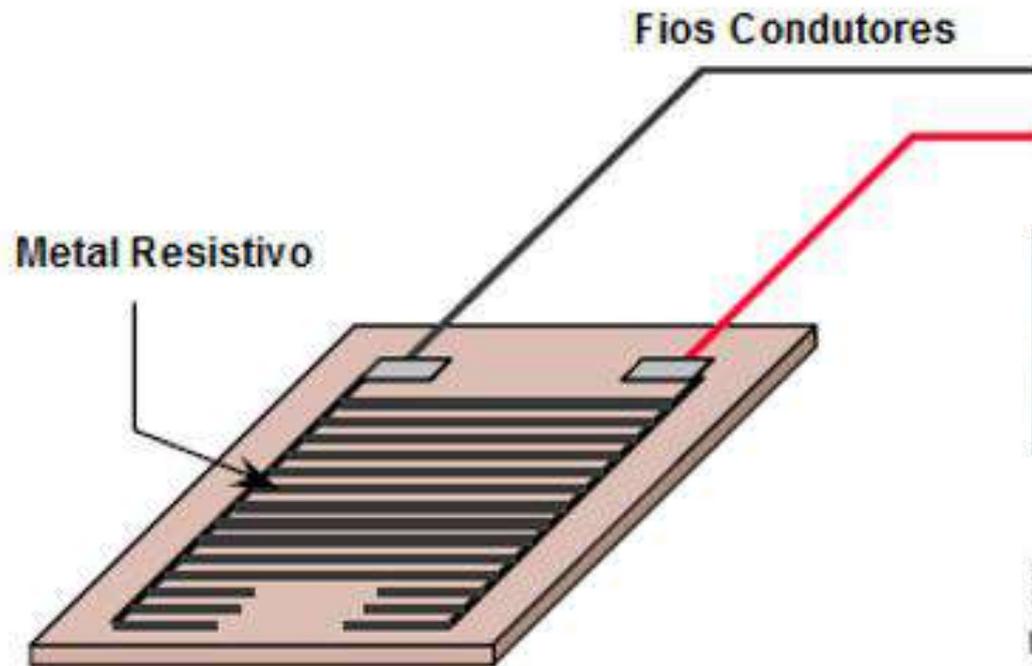
➤ Elemento Sensor Wire-Wound:



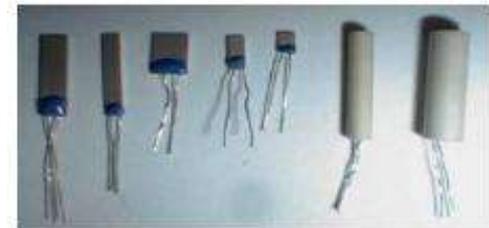
Elemento Sensor do Termoresistor com Bobinamento Externo

# Tipos de elemento sensor p/ RTD

- Elemento Sensor Thin-Film:



Elemento Termoresistor Thin-Film



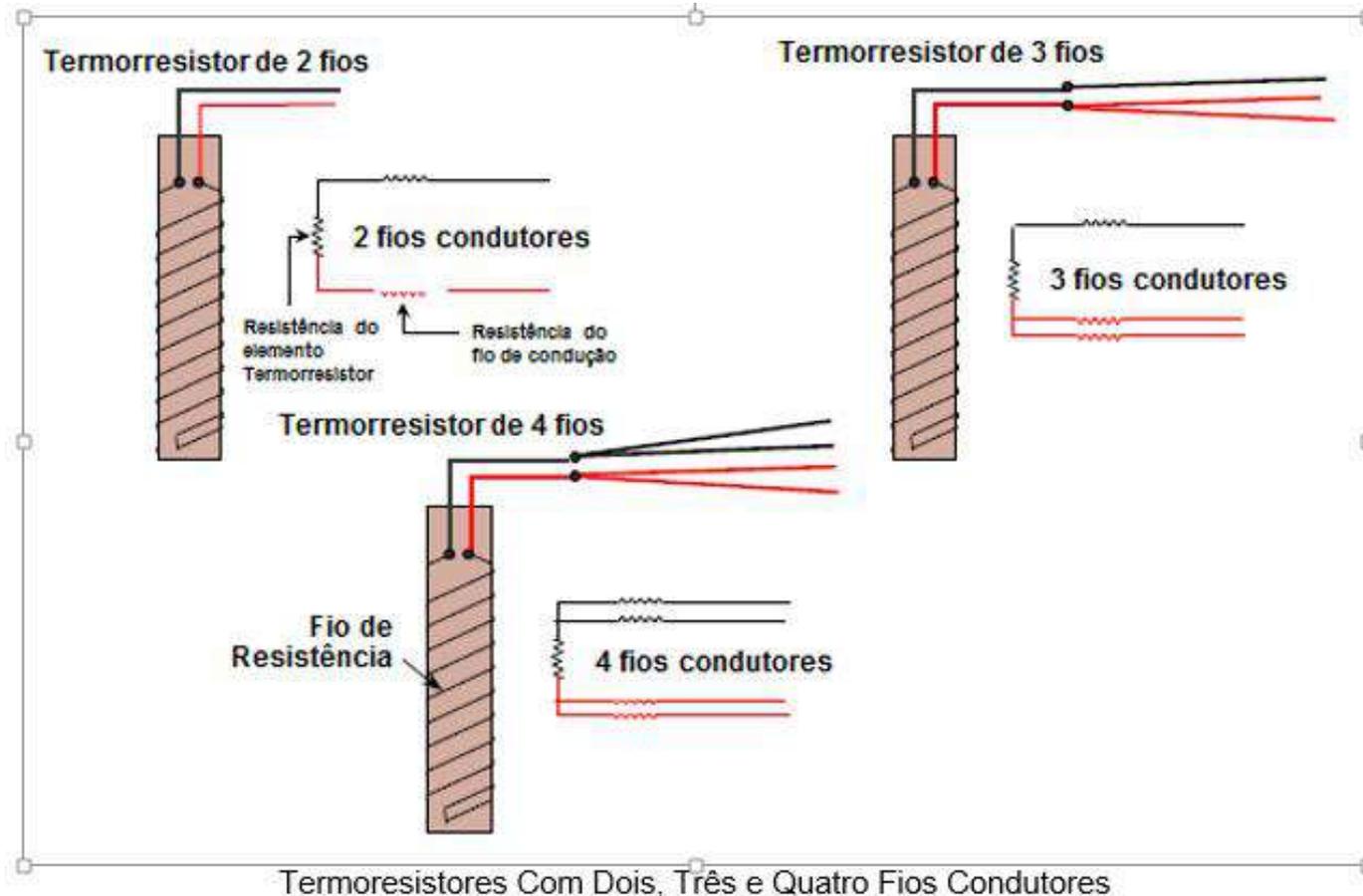
# Comparação dos elementos sensores

	Wire-Wound ( <u>Bobinamento Interno</u> )	Wire-Wound ( <u>Bobinamento Externo</u> )	Thin-Film
PRÓS	Muito estável devido à platina não forçada	Range de temperatura elevado (entre -196 °C e 600 °C)	<u>Resistentes à vibração</u>
	Histerese mínima vs. <u>bobinamento externo</u>	Range disponível de temperatura mais amplo	Econômico em razão ao processo de fabricação eficiente
	Maiores ranges de temperatura disponíveis	Tempo de resposta rápido devido à pouca massa térmica	<u>Disponíveis em tamanhos pequenos</u>
CONTRAS	Mais sensível à vibração do que o de bobinamento externo	Susceptível à tensão induzida pela temperatura (histerese)	Menos estável do que o tipo Wire-Wound
	Mais caro do que o tipo Thin-Film	Mais caro do que o tipo Thin-Film	Problemas de histerese em temperaturas criogênicas
			Range de temperatura limitado (entre -50 °C e 400 °C)

Comparação dos Elementos Sensores

# Efeito dos fios condutores p/ RTDs

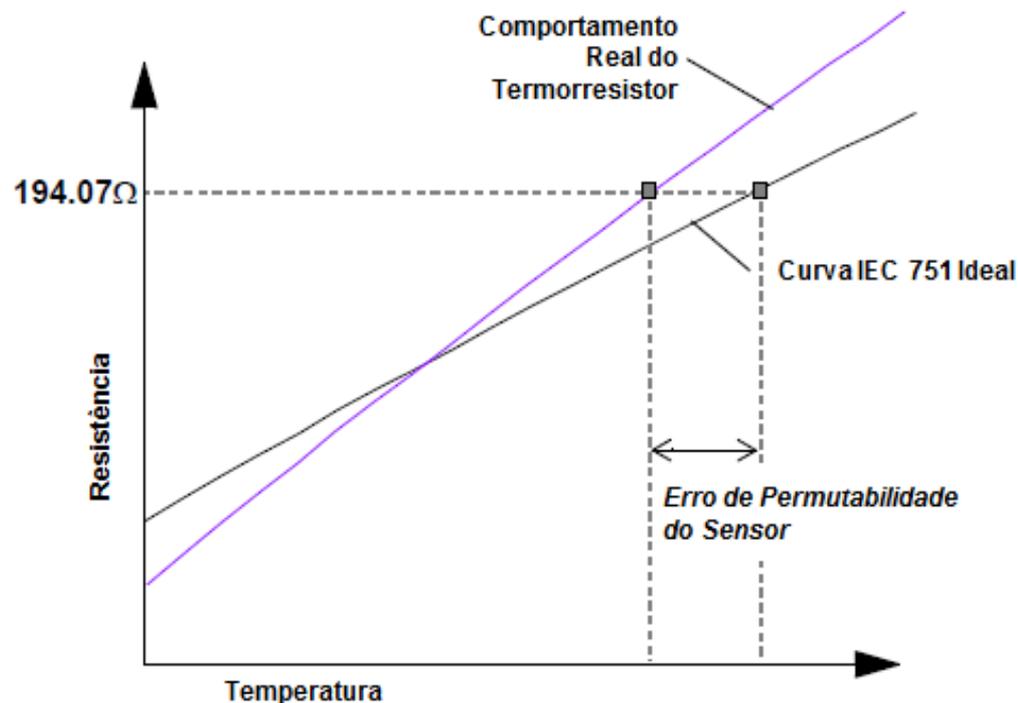
Os RTDs simples podem ser de 2, 3 ou 4 fios, sendo o mais utilizado na indústria **3 fios**.



# Classe de precisão p/ RTDs

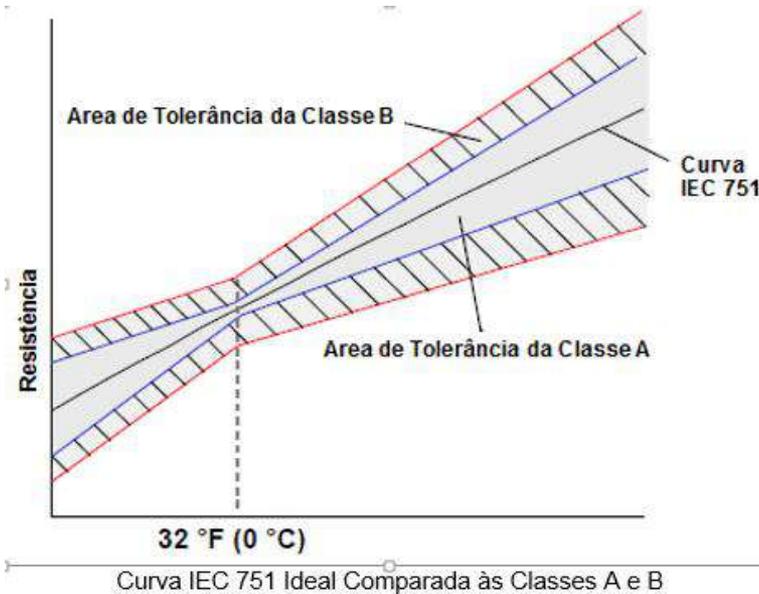
- Padrão Termoresistor (ex.: Padrão IEC 751)
- Equação de Callendar-Van Dusen

O padrão IEC 751 descreve um comportamento ideal entre a resistência de um termoresistor de platina e a temperatura na qual o termoresistor está sujeito.



# Classe de precisão p/ RTDs conforme IEC 751

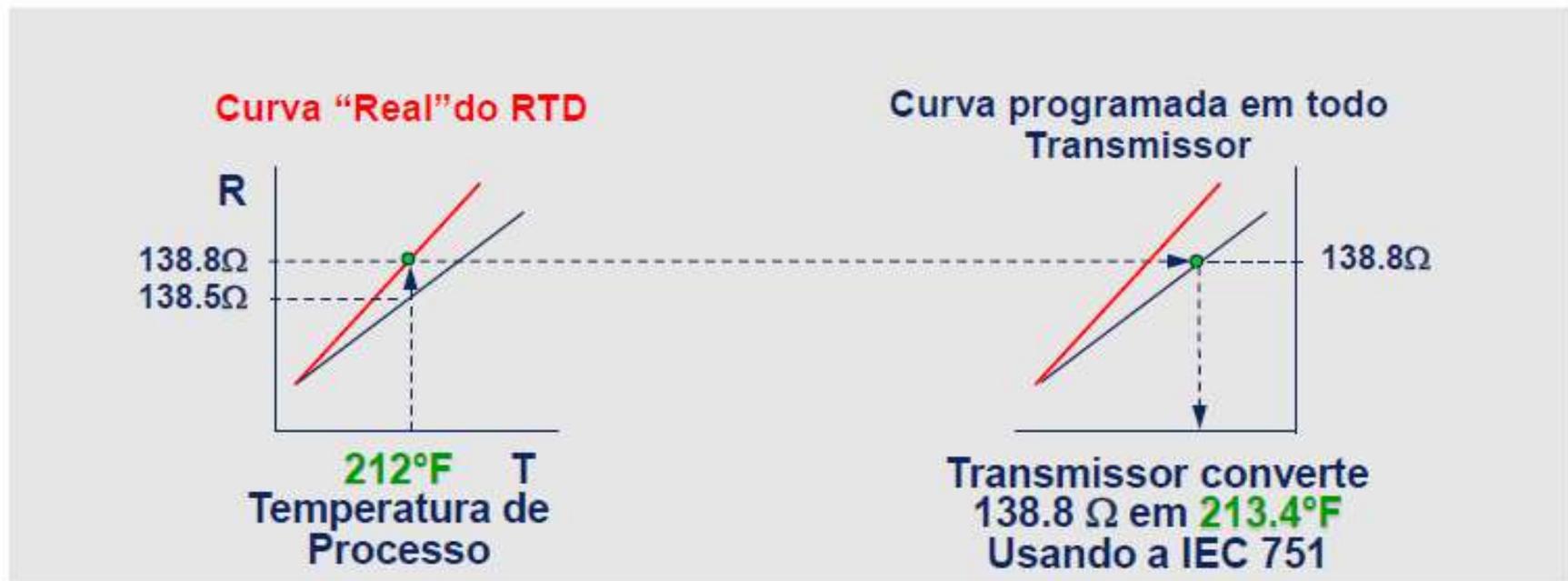
## Classe A e Classe B



Temperatura (°C)	Classe				Banda				
	A (°C)	B (°C)	1/5 (°C)	1/10 (°C)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)
0	0,15	0,30	0,06	0,03	0,26	0,13	0,13	0,05	0,03
50	0,25	0,55	0,11	0,06	0,35	0,19	0,18	0,10	0,07
100	0,35	0,80	0,16	0,08	0,45	0,26	0,24	0,15	0,12
150	0,45	1,05	0,21	0,11	0,55	0,33	0,29	0,20	0,16
200	0,55	1,30	0,26	0,13	0,65	0,40	0,35	0,25	0,21
250	0,65	1,55	0,31	0,16	0,76	0,47	0,42	0,31	0,27
300	0,75	1,80	0,36	0,18	0,87	0,55	0,48	0,37	0,32
350	0,85	2,05	0,41	0,21	0,99	0,64	0,55	0,44	0,38
400	0,95	2,30	0,46	0,23	1,11	0,72	0,63	0,51	0,45
450	1,05	2,55	0,51	0,26	1,23	0,81	0,70	0,58	0,51
500	1,15	2,80	0,56	0,28	1,36	0,91	0,78	0,65	0,58
550	1,25	3,05	0,61	0,31	1,49	1,00	0,86	0,73	0,65
600	1,35	3,30	0,66	0,33	1,63	1,10	0,95	0,81	0,73
650	1,45	3,55	0,71	0,36	1,77	1,21	1,03	0,89	0,80
700	1,55	3,80	0,76	0,38	1,91	1,31	1,12	0,97	0,88
750	1,65	4,05	0,81	0,41	2,06	1,42	1,22	1,06	0,97
800	1,75	4,30	0,86	0,43	2,21	1,54	1,31	1,15	1,05
850	1,85	4,55	0,91	0,46	2,37	1,66	1,41	1,25	1,14

# A Equação de Callendar-Van Dusen Melhorando a Performance do RTD

Com um **“Real”** RTD, a relação entre Resistência vs. Temperatura do sensor **Não** é a mesma curva programada no transmissor.



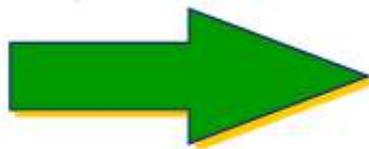
- Curva do transmissor **Não** é a mesma curva do RTD.
- Transmissor **Não** informa a temperatura correta do processo.

# Casamento de Sensor Elimina Erro de Intercambialidade do Sensor

Caracterização do Sensor Revela:

°C	Ohms
0	99.997
1	100.38
2	100.77
3	101.16

Dados para Curva de 4ª Ordem



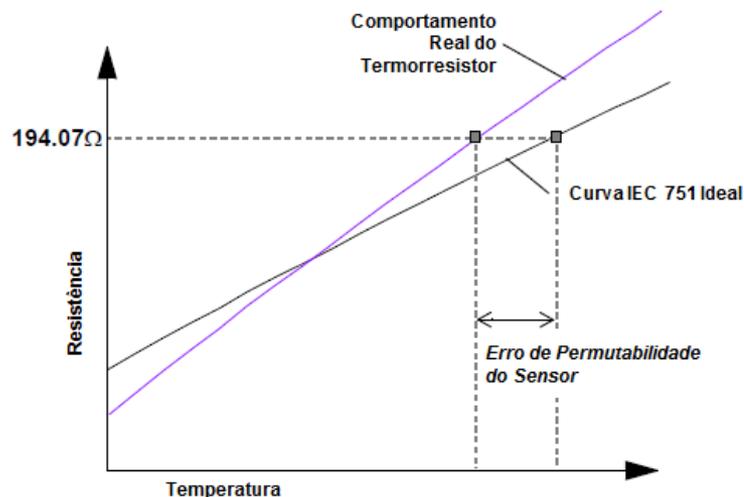
Coefficientes de Callendar-Van Dusen

$R_0 = 99.9717$
$\alpha = 0.00385367$
$\beta = 0.172491$
$\delta = 1.61027$

Equação de Callendar-Van Dusen

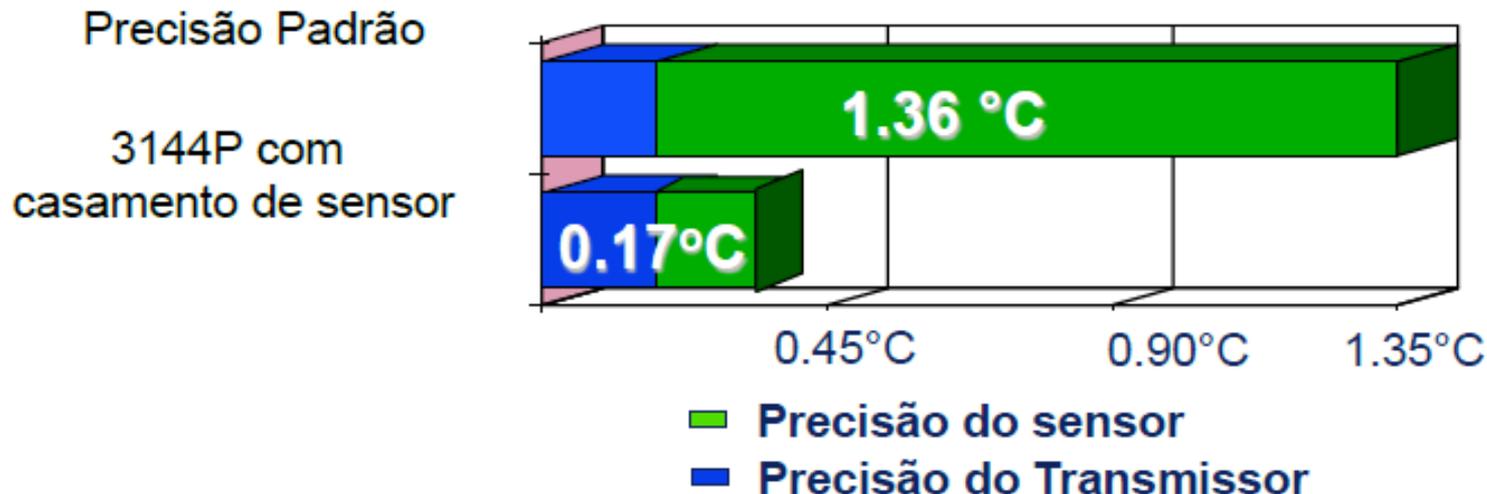
$$R_t = R_0 + R_0\alpha[t - \delta(0.01t-1)(0.01t) - \beta(0.01t-1)(0.01t)^3]$$

- A equação de quarta ordem de Callendar-Van Dusen é residente no 644, 3144P
- Curva IEC751 é substituída (no transmissor) pela curva REAL do Sensor RTD



# Casamento de Sensor Elimina Erro de Intercambialidade do Sensor

- A capacidade de casamento do sensor/transmissor possibilita a mais alta precisão em pontos críticos de medição de temperatura (redução de 80% do erro)
- Elimina o erro de intercambiabilidade do sensor!!



Condições da Aplicação:

Span 0-200°C

Precisão Padrão: Transmissor com Curva IEC-751 RTD Classe B

Com Casamento: Transmissor configurado com coeficientes de Callendar-Van Dusen

# ***Vantagens do PT-100 sobre os Termopares***

- Possui maior precisão dentro da faixa de utilização do que outros tipos de sensores.
- Tem características de estabilidade e repetibilidade melhores do que os termopares.
- Com ligação adequada, não existe limitação para distância de operação.
- Dispensa o uso de fios e cabos de extensão e compensação para ligação, sendo necessário somente fios de cobre comuns.
- Se adequadamente protegido (poços e tubos de proteção), permite a utilização em qualquer ambiente.
- Curva de Resistência x Temperatura mais linear.
- Menos influenciada por ruídos elétricos
- Podem utilizar a equação de Callendar-Van Dusen para eliminar erros.

# Desvantagens do PT-100 sobre os Termopares

- São mais caros do que os sensores utilizados nesta mesma faixa. Range de temperatura menor do que os termopares.
- Deterioram-se com mais facilidade, caso haja se ultrapasse a temperatura máxima de utilização.
- É necessário que todo o corpo do bulbo esteja com a temperatura estabilizada para a correta indicação.
- Possui um tempo de resposta mais alto que os termopares. Mais frágil mecanicamente
- Auto aquecimento, exigindo instrumentação sofisticada. Em locais com muita vibração a sua instalação pode ser um grande problema
- Para usar em aplicações aonde a temperatura de trabalho ultrapasse valores de 500°C, a prática não recomenda o seu uso, a não ser que seja incontornável esta situação.

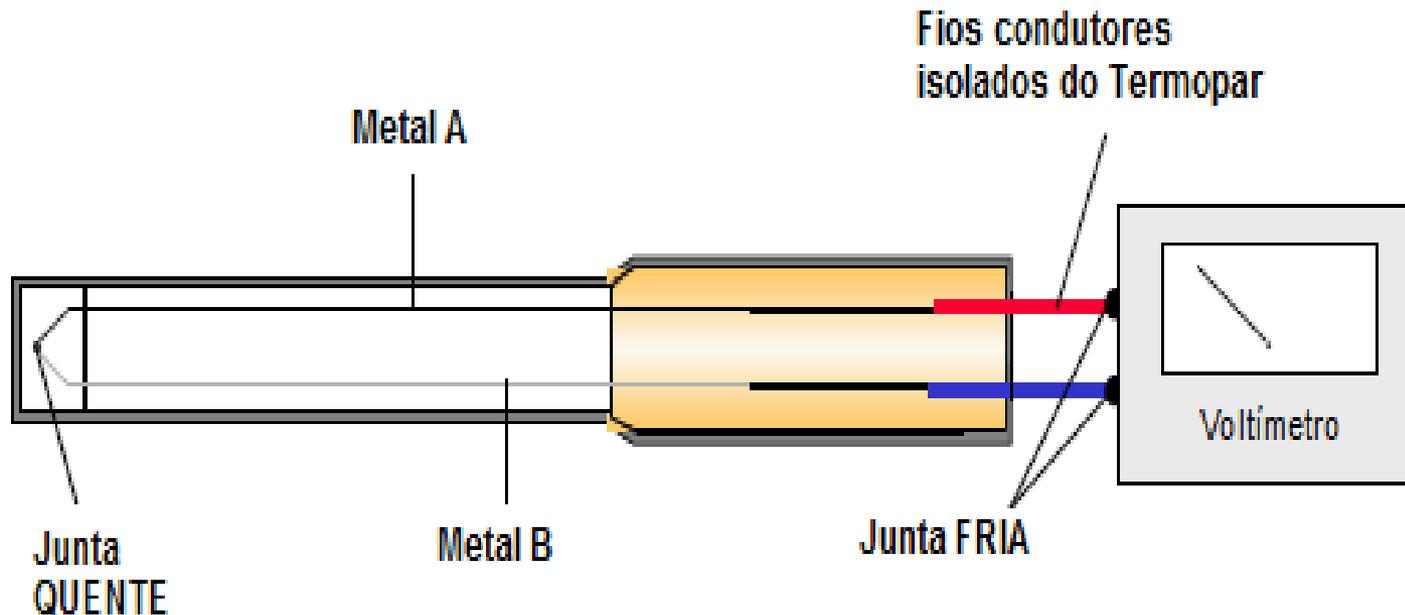
# Termopares – Princípio de medição

- 1821 - Thomas Johan Seebeck. (195 anos)
- Dois metais diferentes unidos em uma das extremidades.
- Efeito Termoelétrico Seebeck – d.d.p. ou f.e.m.= mV



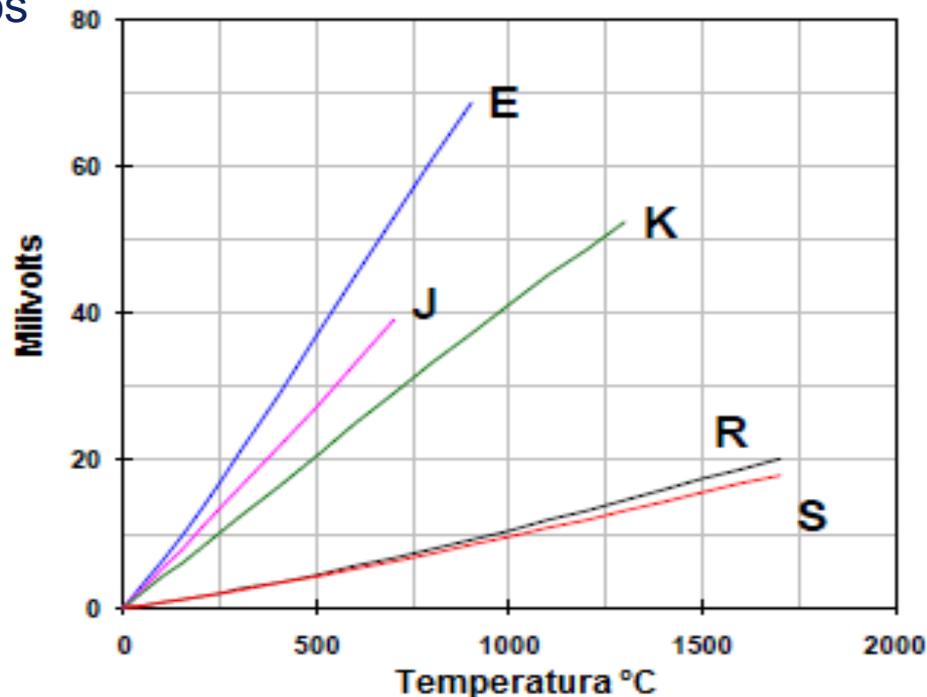
# Termopares – Princípio de medição

- A junta quente deve ser construída para ser mecanicamente robusta, eletricamente contínua, e não contaminada pelos componentes químicos do material de solda.



# Tipos de Termopares de acordo IEC 584-1

- Existem diversos tipos de termopares, a diferença entre eles é o tipo de metal usado em sua construção.
  - Tipo E – Cromel e Constantan
  - Tipo J – Ferro e Constantan
  - Tipo K – Cromel e Alumel
  - Tipos R e S – Platina e Ródio (diferentes na porcentagem de platina)
  - Tipo T – Cobre e Constantan
  - Outros Tipos



# Tipos de Termopares de acordo IEC 584-1

TIPO	ELEMENTO POSITIVO	ELEMENTO NEGATIVO	FAIXA DE TEMPERATURA USUAL	CARACTERÍSTICAS	RESTRIÇÕES
T	Cobre (+)	Constantan (-)	-184 à 370°C	Podem ser usados em atmosferas oxidantes, redutores, inertes e no vácuo. Adequados para medições abaixo de zero graus. Apresenta boa precisão na sua faixa de utilização.	1) Oxidação do cobre acima de 310°C
J	Ferro (+)	Constantan (-)	0 à 760°C	Podem ser usados em atmosferas oxidantes, redutores, inertes, e no vácuo. Não devem ser usados em atmosfera sulfurosas e não se recomenda o uso em temperaturas abaixo de zero graus. Apresenta baixo custo.	1) Limite máximo de utilização em atmosfera oxidante de 760°C devido à rápida oxidação do ferro. 2) Utilizar tubo de proteção acima de 480°C
E	Níquel Cromo (+)	Cobre Níquel (+)	0 à 870°C	Podem ser usados em atmosferas oxidantes e inertes. Em ambientes redutores ou vácuo perdem suas características termoeletrônicas. Adequado para o uso em temperaturas abaixo de zero graus	1) Baixa estabilidade em atmosfera redutora.
K	Chromel (+)	Alumel (+)	0 à 1200°C	Recomendável em atmosferas oxidantes ou inertes. Ocasionalmente podem ser usados abaixo de zero graus. Não devem ser utilizados em atmosferas sulfurosas. Seu uso no vácuo é por curto período de tempo.	1) Vulnerável em atmosfera sulfurosa e gases como SO <sub>2</sub> e H <sub>2</sub> S requerendo substancial proteção quando utilizado nessas condições.

# Tipos de Termopares de acordo IEC 584-1

TIPO	ELEMENTO POSITIVO	ELEMENTO NEGATIVO	FAIXA DE TEMPERATURA USUAL	CARACTERÍSTICAS	RESTRICÇÕES
<b>S</b>	Platina 90% 10% Rhódio (+)	Platina 100%  (-)	0 à 1600°C	Recomendável em atmosferas Oxidantes ou inertes. Não devem ser usados abaixo de zero grausno vácuo, em atmosferas redutoras ou atmosferas com vapores metálicos. Apresenta boa precisão em temperaturas elevadas	1) Vulnerável a contaminação em atmosferas que não sejam oxidantes. 2) Para altas temperaturas, utilizar isoladores e tubos de proteção de alta alumina.
<b>R</b>	Platina 87% 13% Rhódio (+)	Platina 100%  (-)	0 à 1600°C		
<b>B</b>	Platina 70% 30%Rhódio (+)	Platina 94% 6% Rhódio (-)	870 à 1795°C	Recomendável em atmosferas oxidantes ou inertes. Não devem ser usados no vácuo, em atmosferas com vapores metálicos. Mais adequados para altas temperaturas que os tipos S/R.	1) Vulnerável a contaminação em atmosferas que não sejam oxidantes. 2) Utilizar isoladores e tubos de proteção de alta alumina.
<b>N</b>	Nicrosil (+)	Nisil (-)	0 à 1260°C	Excelente resistência a oxidação até 1200°C. Curva FEM x temp. similar ao tipo K, porém possui menor potência termoeétrica. Apresenta maior estabilidade e menor drift x tempo.	1) Melhor desempenho na formade termopar de isolamento mineral.

# Termopar convencional



# Termopar convencional

## Limites de Temperatura

TIPO	8 AWG	14 AWG	20 AWG	24 AWG
T	-	370 °C	260 °C	200 °C
J	760 °C	590 °C	480 °C	370 °C
E	870 °C	650 °C	540 °C	430 °C
K/N	1270 °C	1090 °C	980 °C	870 °C
R/S	-	-	-	1480 °C
B	-	-	-	1700 °C

8 – 3,26 mm

14 – 1,62 mm

20 – 0,81 mm

24 – 0,51 mm

# *Termopar de isolação mineral*

O termopar de isolação mineral é constituído de um ou mais pares termoelétricos, envolvidos por um pó isolante de óxido de magnésio, altamente compactado em uma bainha externa metálica.



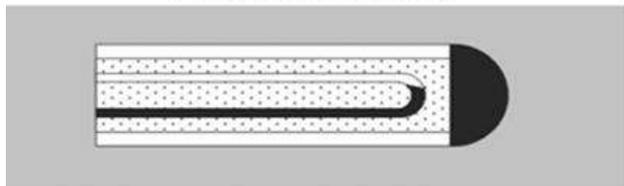
# ***Termopar de isolação mineral***

## **Vantagens dos Termopares de Isolação Mineral:**

- Estabilidade da Força Eletromotriz
- Resistência mecânica
- Dimensão reduzida
- Impermeabilidade a água, óleo e gás
- Facilidade de instalação
- Adaptabilidade
- Resposta mais rápida
- Resistência à corrosão
- Resistência de isolação elevada
- Blindagem eletrostática

# Tipos de junta

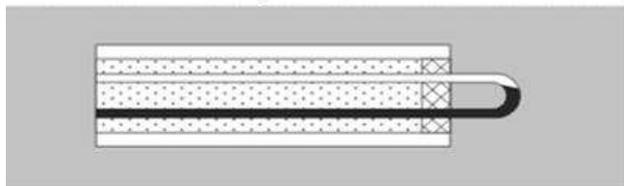
1- JUNÇÃO ISOLADA



2- JUNÇÃO ATERRADA



3- JUNÇÃO EXPOSTA



Ø BAINHA	TIPO	TEMPO DE RESPOSTA
0,5 mm	Aterrada	0,05
1,5 mm	Aterrada	0,20
1,5 mm	Isolada	0,50
3,0 mm	Aterrada	0,70
3,0 mm	Isolada	1,30
4,5 mm	Aterrada	1,20
4,5 mm	Isolada	2,10
6,0 mm	Aterrada	2,00
6,0 mm	Isolada	4,50

# Termopar de isolação mineral

## Limites de Temperatura em função do $\varnothing$ da bainha

$\varnothing$	T	J	E	K	N
1,5	260 °C	440 °C	510 °C	920 °C	920 °C
3	315 °C	520 °C	620 °C	1070 °C	1100 °C
6	370 °C	720 °C	820 °C	1150 °C	1250 °C

## Limites de Temperatura em função do material da bainha

Material	Temperatura máxima recomendada
Aço inox 304	900 °C
Aço inox 316	900 °C
Aço inox 310	1100 °C
Inconel 600	1150 °C
Nicrobel	1250 °C

# Termopares – Limites de erro

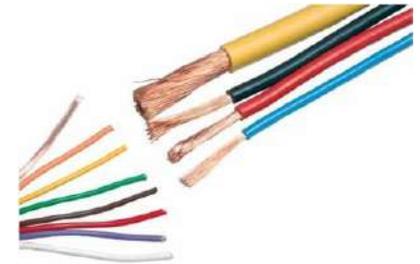
## Limite de erro – Conforme norma ASTM E-230

Tipo do Termopar	Faixa de Temperatura	Standard (escolher o maior)	Especial (escolher o maior)
T	0 a 350°C	±1°C ou ±0,75%	±0,5°C ou 0,4%
J	0 a 750°C	±2,2°C ou ±0,75%	±1,1°C ou ±0,4%
E	0 a 900°C	±1,7°C ou ±0,5%	±1°C ou ±0,4%
K e N	0 a 1250°C	±2,2°C ou ±0,75%	±1,1°C ou ±0,4%
S e R	0 a 1450°C	±1,5°C ou ±0,25%	±0,6°C ou ±0,1%
B	800 a 1700°C	±0,5%	-
T	-200 a 0°C	±1°C ou ±1,5%	-
E	-200 a 0°C	±1,7°C ou ±1%	-
K	-200 a 0°C	±2,2°C ou ±2%	-

# Fios e Cabos de Extensão/Compensação

**Cabos de extensão** de Termopares são utilizados para conectar o termopar à um sistema de controle ou transmissor, os quais podem estar a distâncias de até 600 m.

- Fios - um eixo sólido
- Cabos - formados por vários condutores
- Fios ou cabos de extensão - fabricados com as mesmas ligas dos termopares
- Fios ou cabos de compensação - fabricados com ligas diferentes das dos termopares – utilizados para termopares de platina (cobre-cobre/níquel).



# Fios e Cabos de Extensão/Compensação

## ➤ Características dos cabos

Características da isolação			
Isolação	Temperatura de utilização	Resistência a abrasão	Resistência a umidade
PVC	-20 a 100°C	Muito Boa	Excelente
Fibra	400°C	Regular	Pobre
Silicone	-30 a 200°C	Boa	Boa
Teflon	-100 a 200°C	Excelente	Excelente
Fibra Ceramica	800°C	Pobre	Pobre
Kapton	315°C	Regular	Boa

Bitolas reduzidas			
Tipo	Bitola	Isolação interna	Isolação externa
K	2x32 AWG	teflon	teflon
K	2X36 AWG	teflon	teflon
J	2X36 AWG	teflon	teflon
T	2x30 AWG	teflon	teflon
T	2x36 AWG	teflon	teflon

Especialmente fabricados para aplicações onde a dimensão é um fator crítico.

# Fios e Cabos de Extensão/Compensação

## ➤ Tabela de cores conforme a Norma aplicável

Tipo	Liga		ANSI	IEC 584-3	DIN 43710	JIS C 1610-1981
	Condutor+	Condutor-	Extensão			
<b>Jx</b>	Ferro (Fe) (magnético)	Constantan (Cu-Ni)				
<b>Kx</b>	Níquel-Cromo (Ni-Cr)	Níquel-Alumínio (Ni-Al) (Magnético)				
<b>Tx</b>	Cobre (Cu)	Constantan Cobre-Níquel (Cu-Ni)				
<b>Ex</b>	Níquel-Cromo (Ni-Cr)	Constantan Cobre-Níquel (Cu-Ni)				
<b>Nx</b>	Nicrosil (Ni-Cr-Si)	Nisil (Ni-Si-Mg)			Não estabelecido	Não estabelecido
<b>Rc</b> compensação	Cobre (Cu)	Liga 11 (Cu-Ni)				
<b>Sc</b> compensação	Cobre (Cu)	Liga 11 (Cu-Ni)				
<b>Bc</b> compensação	Cobre (Cu)	Cobre (Cu)		Não estabelecido		

# *Fios e Cabos de Extensão/Compensação*

## Recomendações e Precauções

- ✓ A escolha do material da isolação deve ser compatível com o ambiente em que será instalado (temperatura, umidade, solicitação mecânica, etc);
- ✓ Para aplicações que requerem resistência à umidade, uso de isolação em teflon, PVC, silicone ou Kapton são recomendados;
- ✓ Aplicações que requerem alta temperatura, utilizar fios e cabos isolados em fibra de vidro ou fibra cerâmica;
- ✓ Trança metálica auxilia na proteção dos cabos contra ações mecânicas e pode ser utilizado como blindagem;

# *Fios e Cabos de Extensão/Compensação*

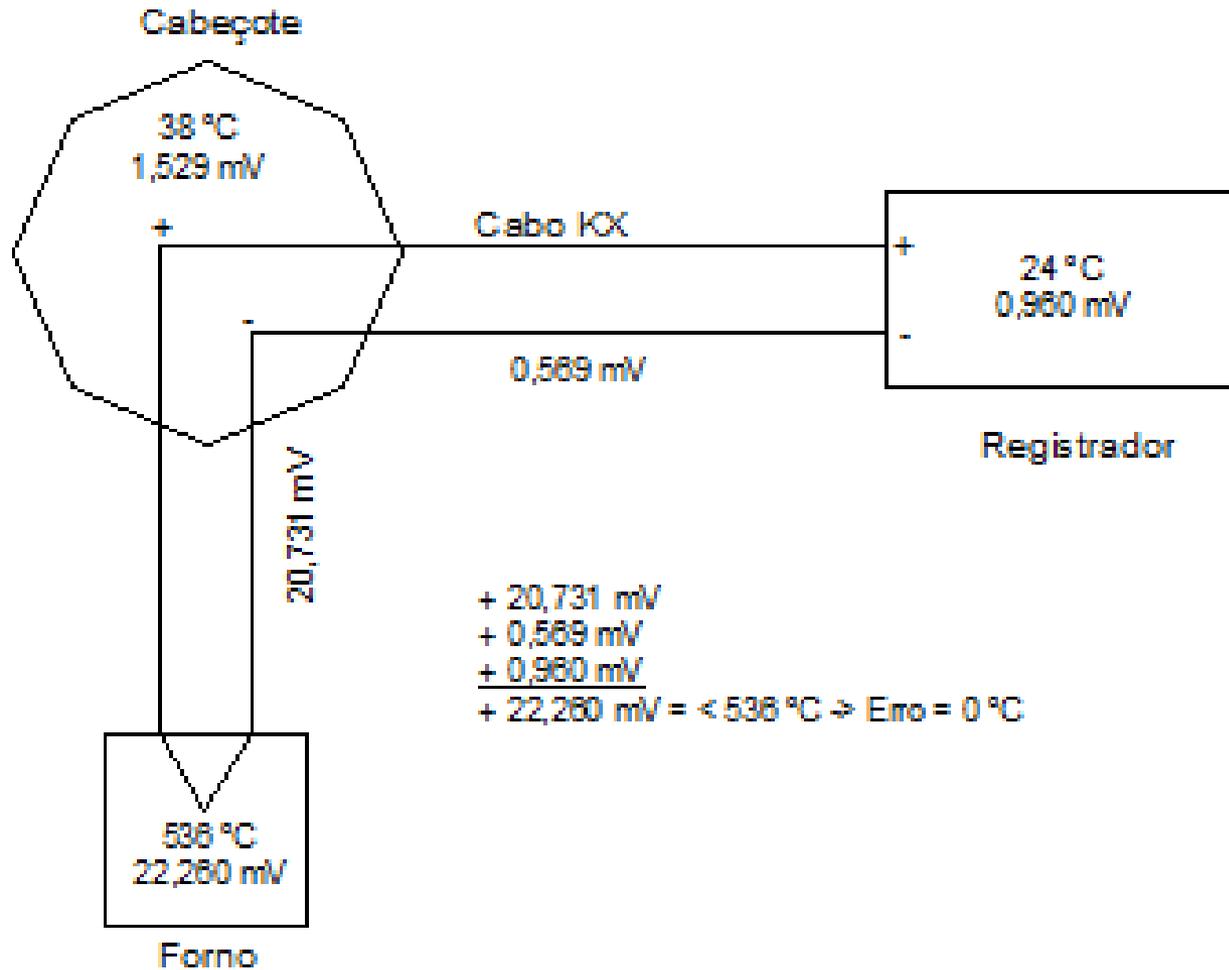
## ➤ **Recomendações e Precauções**

- ✓ Cabos flexíveis permitem maior facilidade na instalação, diminui a possibilidade de ocorrer danos na isolação durante a instalação e depois de instalado, tem as mesmas características técnicas dos fios (rígidos);
- ✓ Observar a correta polaridade dos fios e cabos para a ligação ao instrumento, qualquer erro de inversão de polaridade, resulta em erros de medição;
- ✓ Os fios e cabos de extensão ou compensação, não devem ser instalados paralelamente ou próximos as linhas de força;
- ✓ Utilizar cabos com blindagem e condutor dreno para minimizar as interferências nos sinais causados por campos elétricos (ruído eletrostático);

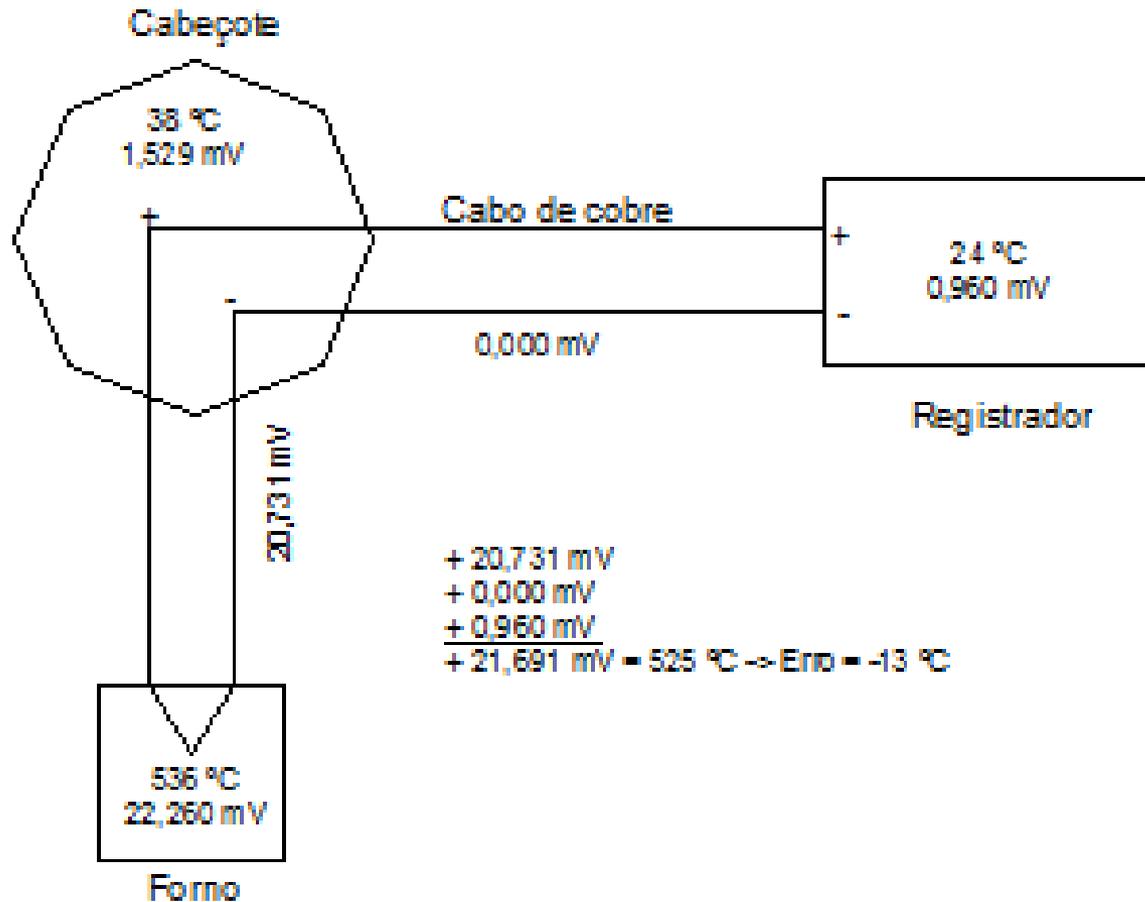
# Fontes potenciais de erros

- Erros devidos a imersão
- Comprimento mínimo de imersão x diâmetro ( 10x o  $\varnothing$  da bainha)
- Perdas por condução e efeitos (incrustação, etc)
- Erros devidos ao tempo de resposta
- Erros produzidos pela inversão de fios e cabos de extensão e compensação
  - ✓ Dupla inversão
  - ✓ Inversão simples
- Utilização de tipos de cabos extensão/compensação incorretos
- Erro de variação de temperatura da junta fria, oxidação dos bornes de ligação, oxidação dos fios, ligação incorreta do sensor ao transmissor e configuração incorreta do transmissor

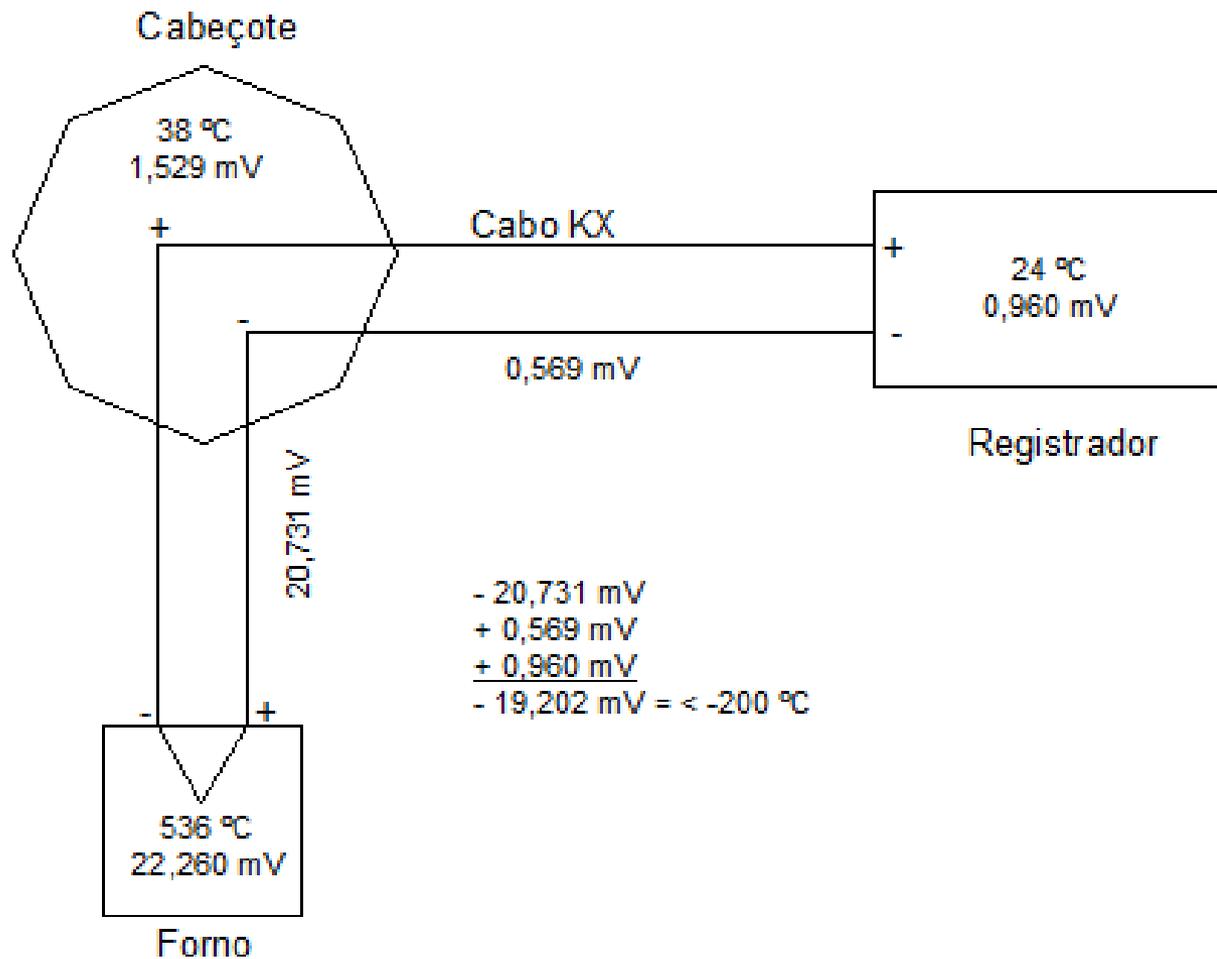
# Ligação correta



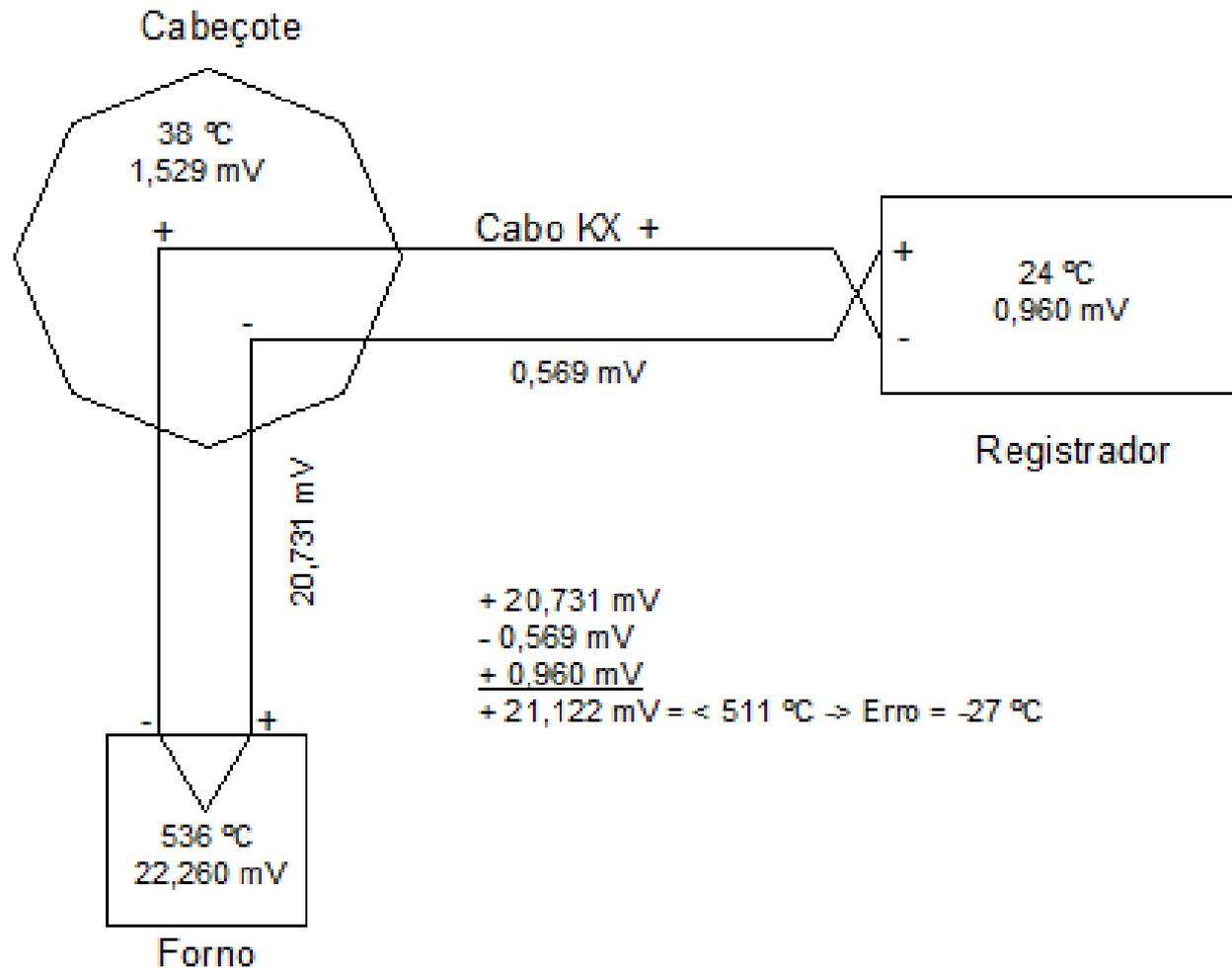
# Ligação incorreta com cabo de cobre



# Ligação incorreta – Inversão simples



# Ligação incorreta – Inversão dupla



# Acessórios

**Cabeçotes:** são utilizados para fazer a conexão entre o sensor e cabo de extensão, protegendo as ligações. Geralmente são de alumínio ou inox; a prova de tempo ou de explosão, vários tamanhos, tampa roscada, parafusada ou basculante.

**Blocos de ligação:** são utilizados para fazer a ligação dos cabos de maneira fácil e eficientes. As bases são fabricados em cerâmica, teflon ou baquelite.

**Conectores compensados:** são ideais para a conexão entre o termopar e o fio ou cabo de extensão ou compensação, fornecem uma conexão confiável, rápida e fácil instalação. Os pinos são fabricados com a mesma liga dos termopares (exceto os de platina) e são polarizados para evitar inversão de polaridade. Possuem coloração de acordo com as normas ASTM e ANSI para fácil identificação. Padrão standard e mini.



**ROSEMOUNT**

Slide 56



**EMERSON**  
Process Management

# Acessórios

**Bucim:** É uma conexão ajustável em latão ou inox para termopares e termoresistências, permite fácil ajuste no comprimento de inserção do sensor no processo.



# ***Como especificar um sensor***

**Algumas perguntas fundamentais, cujas respostas auxiliam a especificar corretamente um sensor de temperatura.**

- Temperatura ambiente
- Tipo e dados de processo (fluido, pressão, temperatura, vazão, etc)
- A medição é em um vaso ou tubulação
- Limite de erro do processo
- Local de instalação (próximo de resistência, alta tensão nos cabos, local alto, etc)
- É necessário indicação local para a operação?
- A medição da temperatura é somente para monitoramento ou é usada em controle?
- É para um sistema de segurança SIS?

# *Como especificar um sensor*

**Algumas perguntas fundamentais, cujas respostas auxiliam a especificar corretamente um sensor de temperatura.**

- Tempo de resposta ( massa x temperatura)
- Vibração
- Choque térmico
- Partícula suspensas
- Distância da transmissão do sinal
- Proteção p/ área classificada

# Poços de Proteção

- Os poços termométricos são acessórios para proteção do elemento sensor, assim prolongando sua vida útil, são utilizados nas seguintes condições:
  - ✓ Partículas Suspensas
  - ✓ Altas pressões
  - ✓ Meios corrosivos
  - ✓ Vibrações decorrentes da alta velocidade do fluido e onde são necessárias alta resistência mecânica
- São construídos a partir de barra maciça e usinados interna e externamente ou a partir de tubos metálicos e são divididos em três grupos:
  - ✓ Rosqueados
  - ✓ Flangeados
  - ✓ Para solda (socket weld)
- Podem ainda ser reto, cônico ou com rebaixo (stepped), usinados de barra ou a partir de tubo



# Poços de Proteção – Precauções e Recomendações

- Os poços prolongam a vida útil dos sensores de temperatura
- Protege os sensores dos efeitos do fluxo, pressão e corrosão
- Permite a manutenção ou substituição do elemento sem a necessidade de paradas do processo
- São amplamente utilizados nas indústrias de siderurgia, produtos farmacêuticos, petroquímicos e em uma variedade de aplicações de controle de processo
- Para especificar os poços de proteção, observar a correta especificação do material, ambiente de instalação, comprimento de inserção, tempo de resposta, velocidade do fluxo e temperatura.



# ***Materiais de construção dos poços***

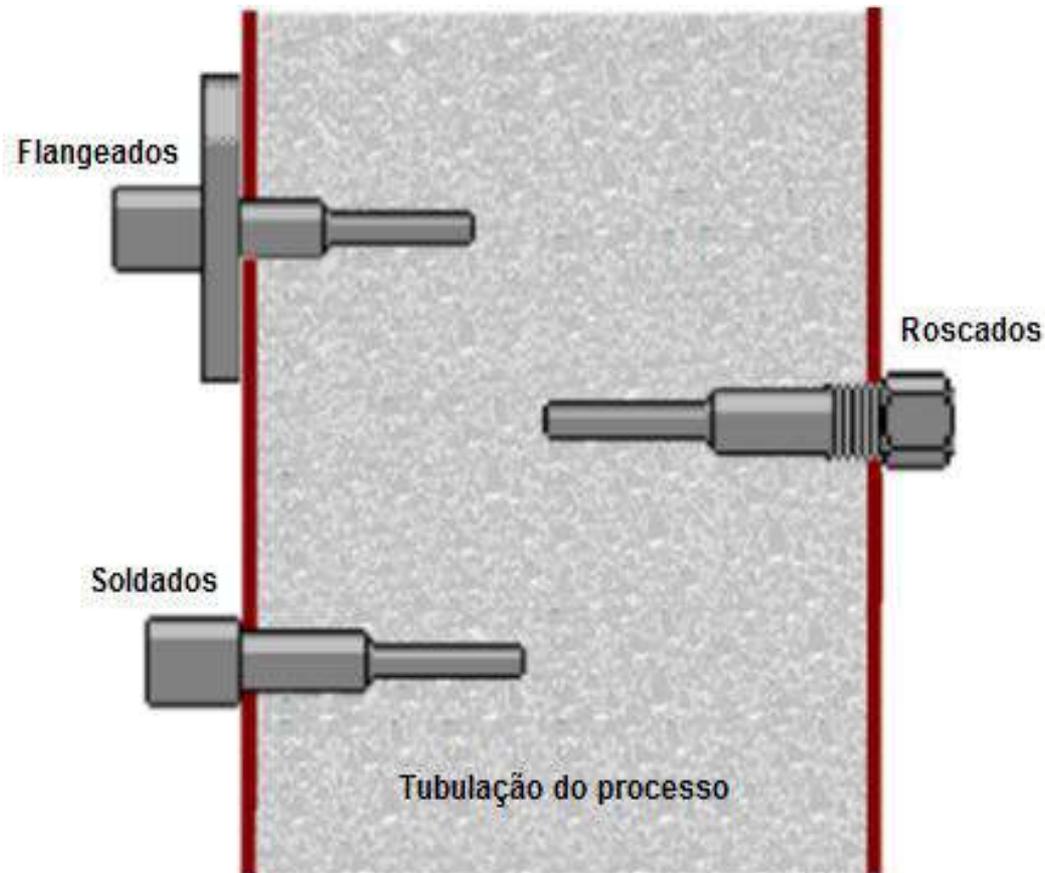
Termopojos podem ser construídos de vários materiais, alguns deles são:

- ✓ Aço inox 304 e 316
- ✓ Aço carbono
- ✓ Monel®
- ✓ Inconel 600
- ✓ Hastelloy®
- ✓ Titânio
- ✓ Tantalum
- ✓ Duplex
- ✓ Super Duplex



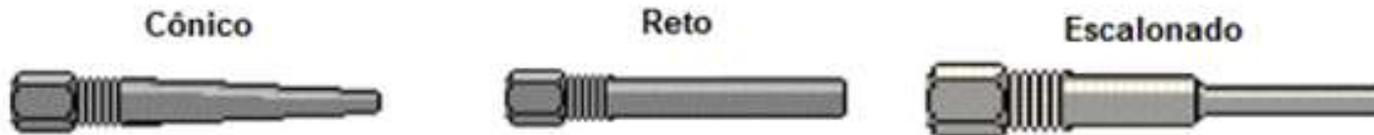
# Métodos de montagem

- ✓ Roscados
- ✓ Soldados
- ✓ Flangeados



# Tipos de Hastes

- ✓ Reto
- ✓ Cônico
- ✓ Com Rebaixo



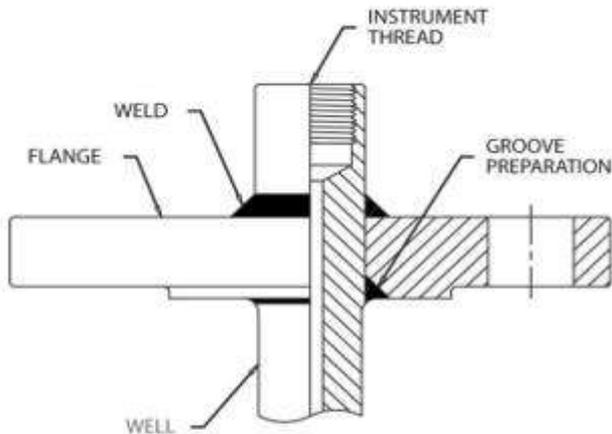
Legenda: 1 - Melhor 2 - Bom 3 - Razoável	Pressão de processo	Tempo de resposta	Frequência natural do sistema	Força de arrasto	Preço
Cônico	1	2	1 ou 2	2*	3
Escalonado	1	1	3	1	1
Reto	1	3	1 ou 2	2	1

\* depende da densidade e velocidade do fluido, e comprimento do termopoço

Taxa de Desempenho dos Tipos de Hastes de Termopoços

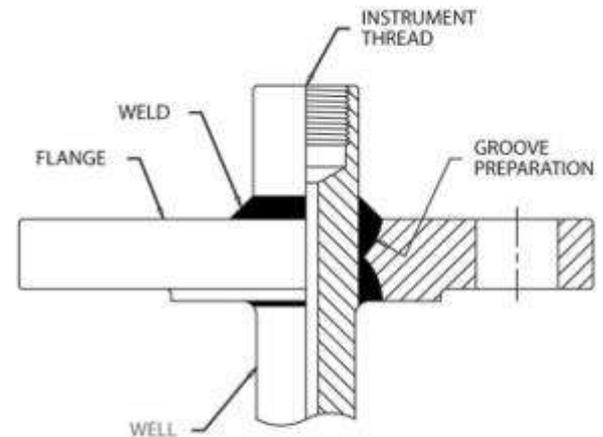
# Tipos de Solda

## Solda de penetração parcial



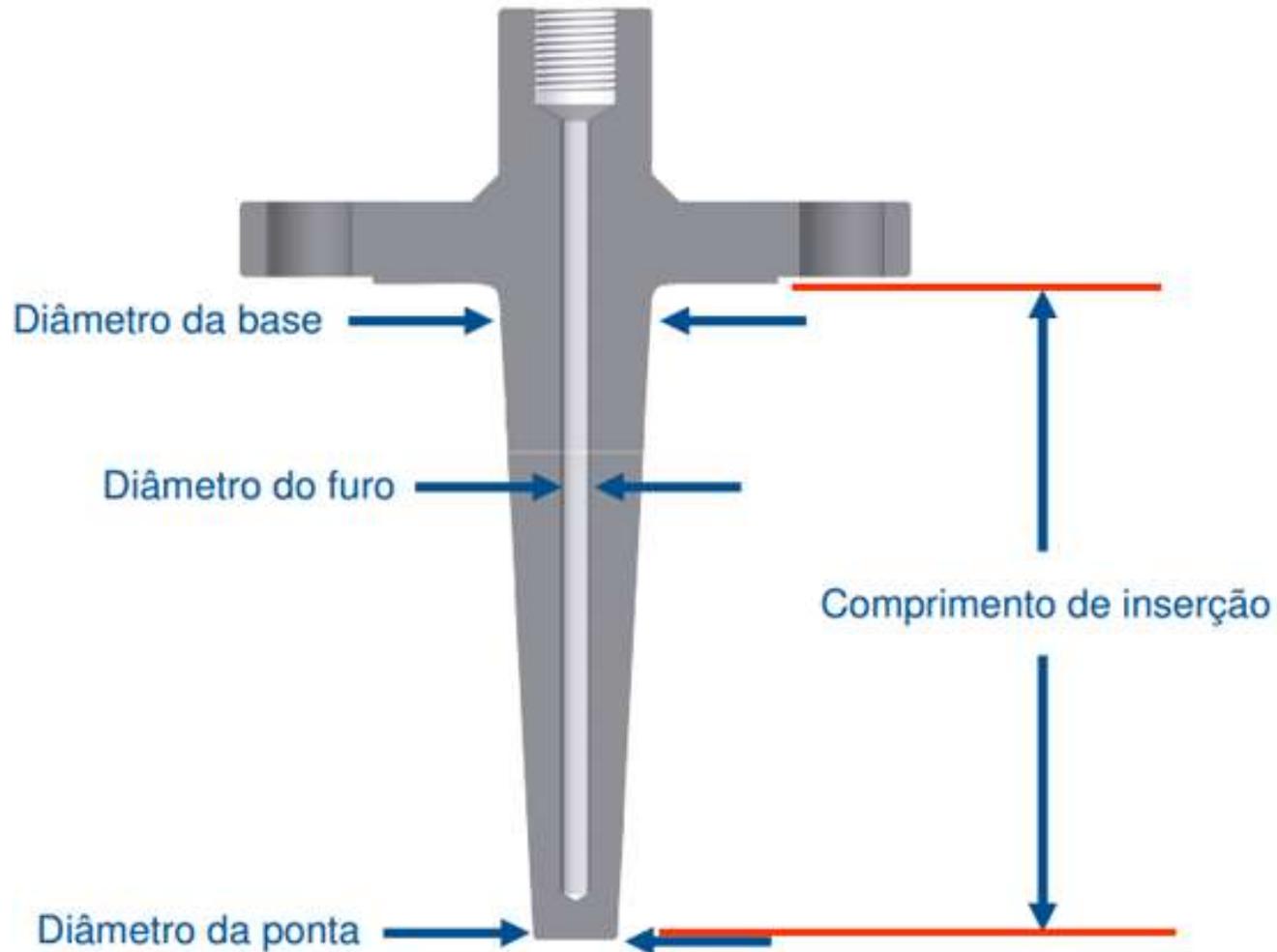
- Preenchimento parcial entre os chanfros de solda;
- Menor custo e mais rápido;
- Menos distorção no processo de solda.

## Solda de penetração total

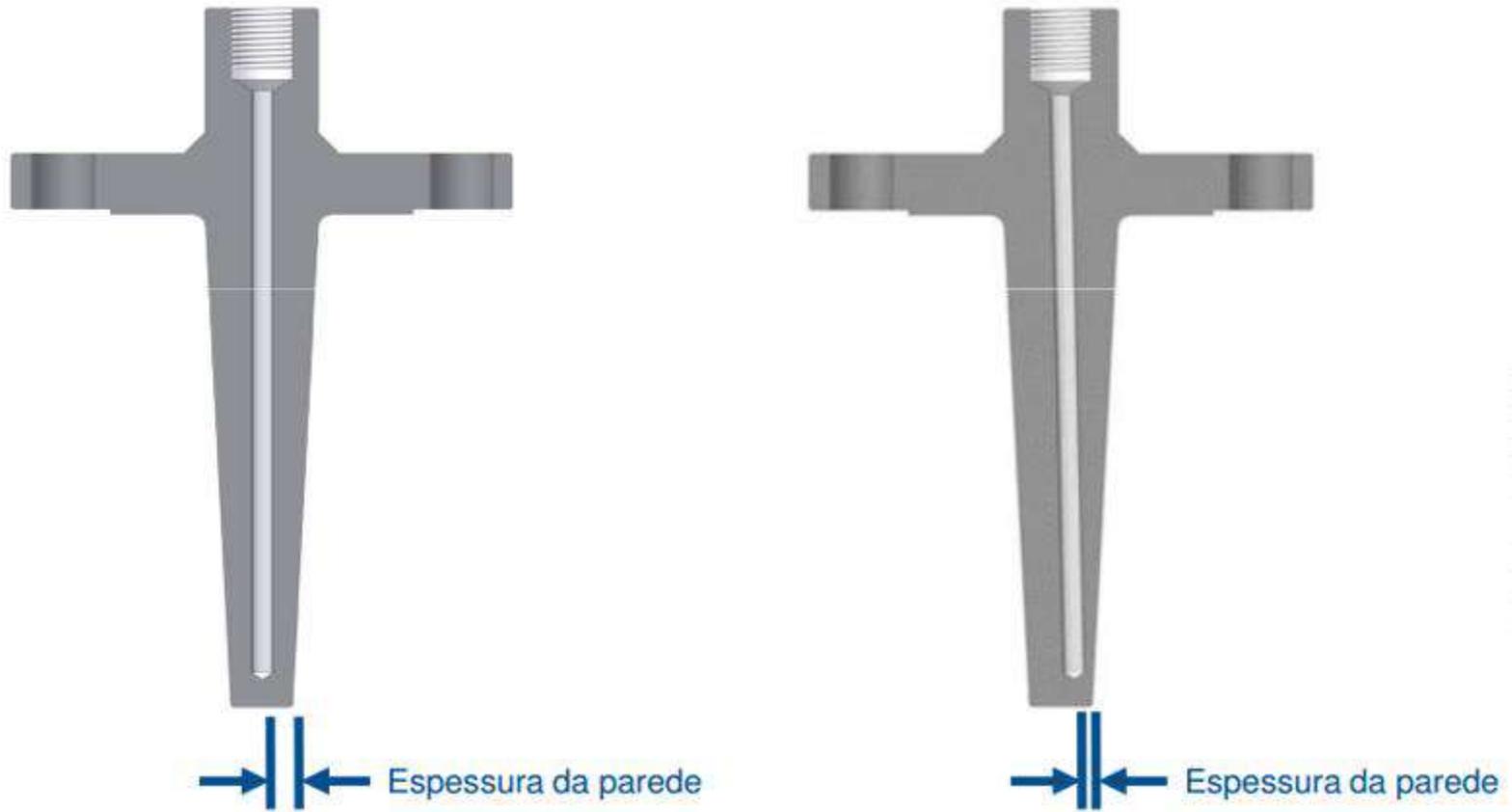


- Garante o preenchimento total entre as juntas de solda;
- Elimina qualquer espaço vazio que pode estar exposto a pressão, impedindo qualquer entrada de contaminantes;
- Geralmente uma junta mais forte.

# Considerações dimensionais

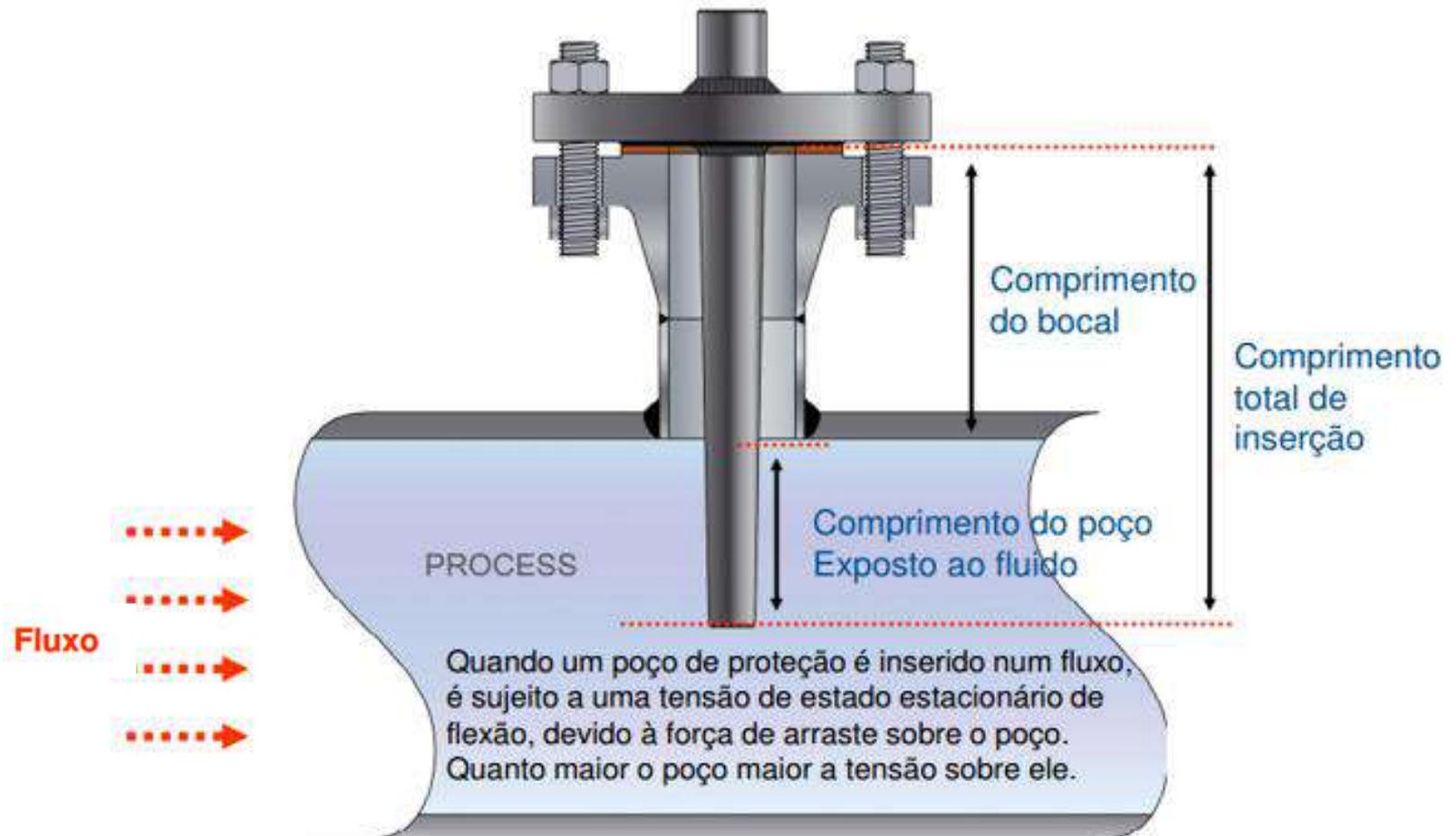


# Considerações dimensionais



*\*A espessura da parede deve ser adequada para suportar a pressão externa.*

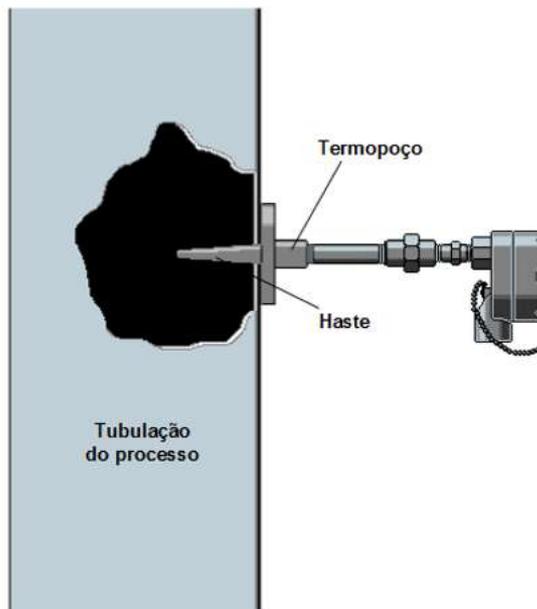
# Considerações dimensionais



# Fatores que afetam a escolha do material

## ➤ Fatores que afetam a escolha do Material

- Tipo de ambiente corrosivo que o termopogo vai estar exposto (compatibilidade química)
- Limites de temperatura e pressão do material
- Compatibilidade com o material da tubulação do processo para garantir juntas e soldas firmes e não corrosivas



Montagem de um Termopogo no Processo

# Por que ocorrem falhas no poço de proteção?

- Velocidade de processo

A rapidez e a direção do fluido de processo definidas pela razão de espaço por tempo (m/s, ft/s, etc.)

- Oscilação

Vibração - (Oscilação mecânica) é causada pela variação repetida das forças que atuam no processo. Estas forças geram um impulso fazendo com que ele tenha um movimento semelhante a um pêndulo.

Ressonância - Quando um poço de proteção vibra, ele cria e armazena sua própria energia, similar a uma criança em um balanço.

O poço de proteção vibra usando sua própria frequência. Se a frequência de vibrações corresponde à frequência de ressonância do poço de proteção, o poço de proteção pode vibrar ao ponto de sua ruptura.



# *Por que ocorrem falhas no poço de proteção?*

- Pressão

O poço de proteção deve ser especificado de acordo com a pressão exercida sobre ele no processo. A espessura da parede deve ser adequada.

- Compatibilidade com o processo

Erosão e corrosão devem ser consideradas quando da escolha do material do poço de proteção.

- Excesso de temperatura

A utilização em temperaturas maiores que a recomendada, afetará a resistência do poço.

# ASME PTC 19.3 TW-2010

## ASME PTC 19.3TW - 2010

- É o padrão aceito para a análise da frequência de ressonância dos poços e fornece também um método para calcular a frequência induzida.
- Foi descoberto que, em condições específicas, se cria uma segunda ressonância chamada "ressonância em linha" no poço de proteção. Esta vibração é menor em relação a ressonância perpendicular conhecida como vibração transversal ao fluxo (ASME PTC 19.3TW – 1974). Além disso, foi incluída a influência da densidade do fluido.

# *Vibração por Ressonância*

## **ASME PTC 19.3TW - 2010**

- É o padrão aceito para a análise da frequência de ressonância dos poços e fornece também um método para calcular a frequência induzida.
- Foi descoberto que, em condições específicas, se cria uma segunda ressonância chamada "ressonância em linha" no poço de proteção. Esta vibração é menor em relação a ressonância perpendicular conhecida como vibração transversal ao fluxo (ASME PTC 19.3TW – 1974). Além disso, foi incluída a influência da densidade do fluido.

# *Vibração por Ressonância*

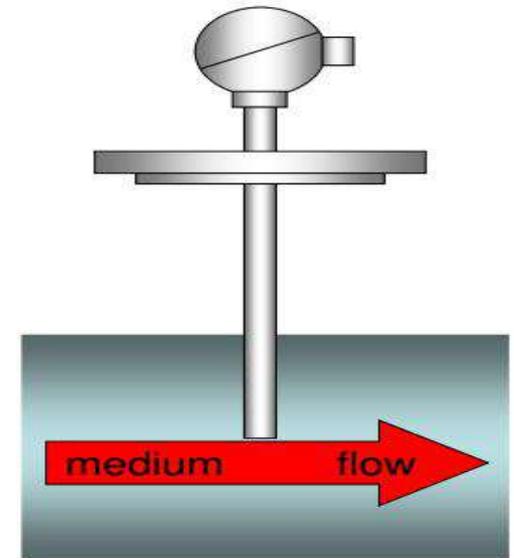
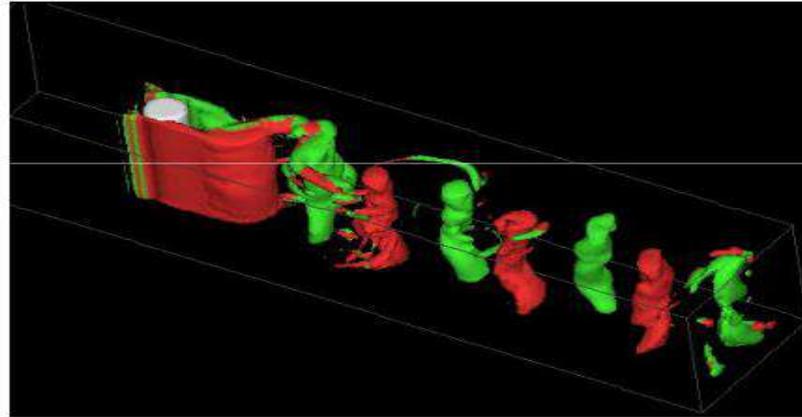
---



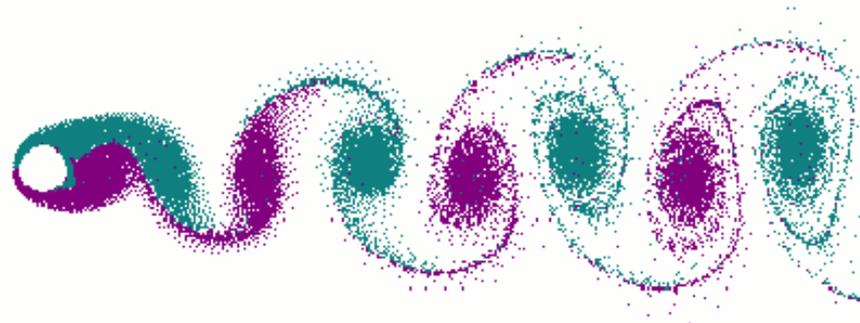
# Forças atuantes no poço de proteção

## Turbulência

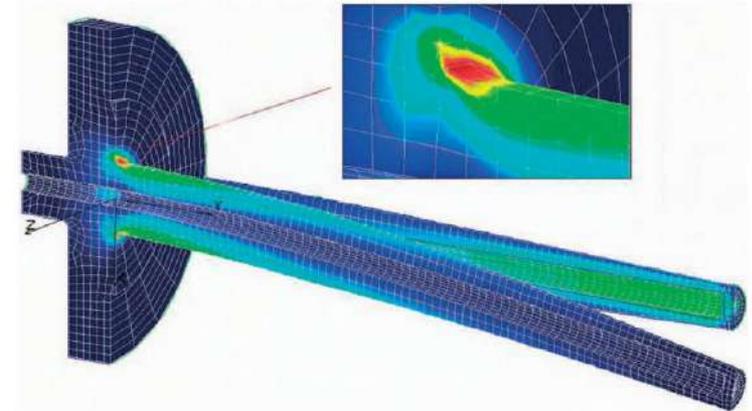
Formação de vórtices



**Von Karman Vórtices** são padrões de fluxo circulares criados no lado oposto ao fluxo do poço de proteção, causando uma mudança na força que age sobre o poço.



# Forças atuantes no poço de proteção



# Transmissores de Temperatura Rosemount

## Gama variada de Produtos

Flexibilidade

Aplicações envolvendo  
Monitoração



848T  
Montagem Trilho  
8 Entradas



WirelessHART



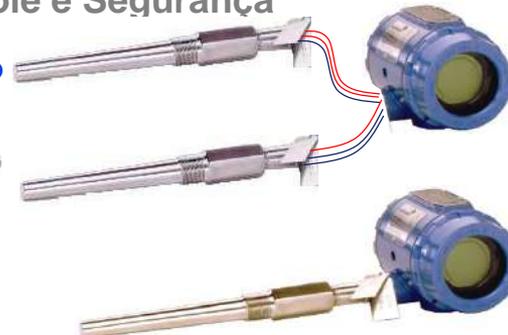
148  
Montagem  
Cabeçote  
1 Entrada  
PC Programável



248  
Montagem Cabeçote  
& Trilho  
1 Entrada  
HART : Se o sensor  
falhar será enviado  
alarme em mA p/ o  
CLP

Aplicações envolvendo  
Controle e Segurança

3144  
Montagem Campo  
1 ou 2 Entradas  
SIL



3144P  
Montagem Campo  
1 ou 2 Entradas

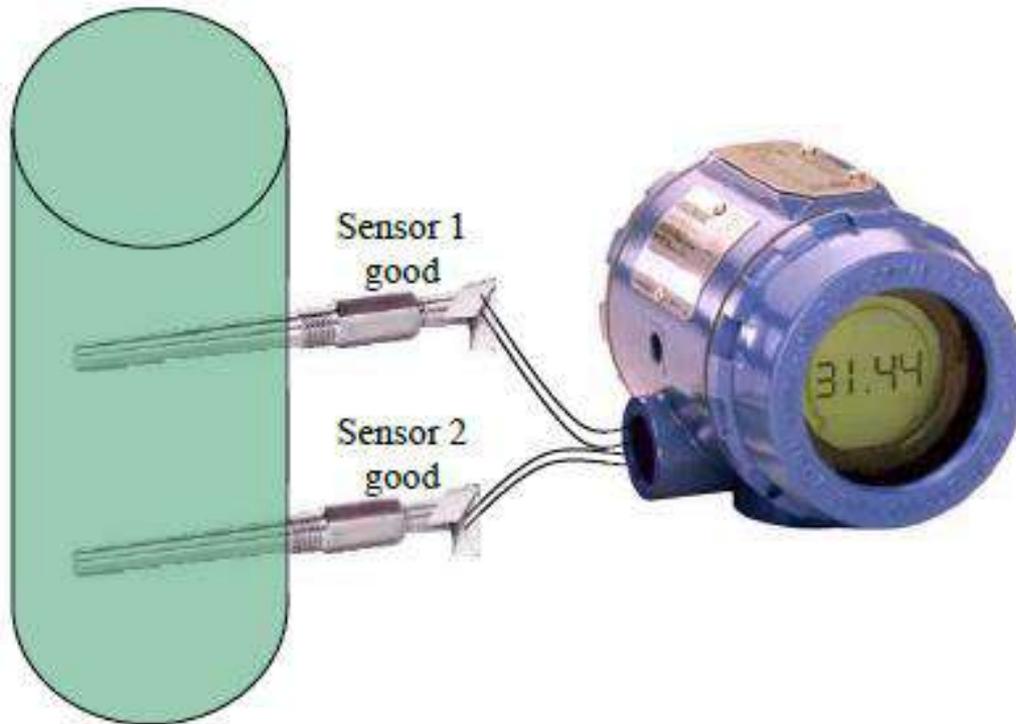


644H & 644R  
Montagem Cabeçote & Trilho  
1 ou 2 Entradas  
SIL



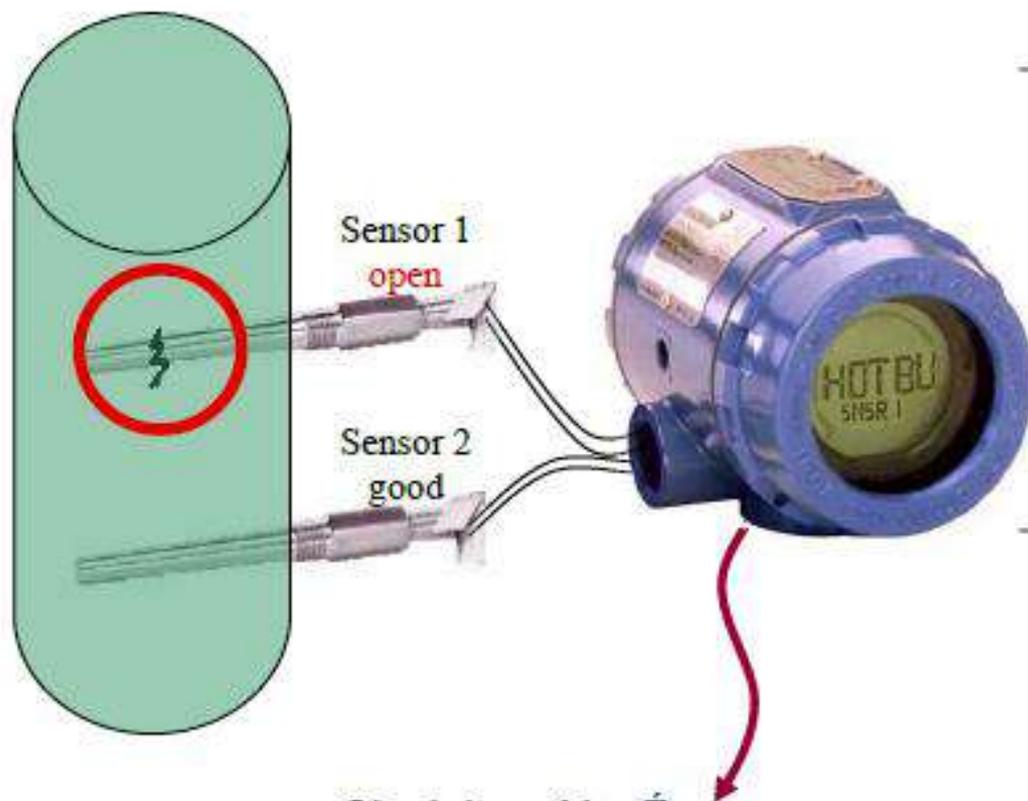
Performance

# Diagnóstico Hot Backup



- O 3144P está conectado a dois sensores ou a um sensor duplo.
  - RTD ou T/C ou mix
- Hot Backup ativo.
- O transmissor monitora o status de ambos sensores, o que permite a redundância do sensor.

# Diagnóstico Hot Backup



Sinal de saída: É transferido automaticamente para o sensor 2 se o sensor 1 falhar!

- Se o elemento primário falhar, a saída irá chavear automaticamente para o sensor secundário.
- Um alerta de Hot Backup será mostrado no LCD, AMS e Sistema de Controle.

# Alerta de Drift detecta leituras duvidosas do Sensor

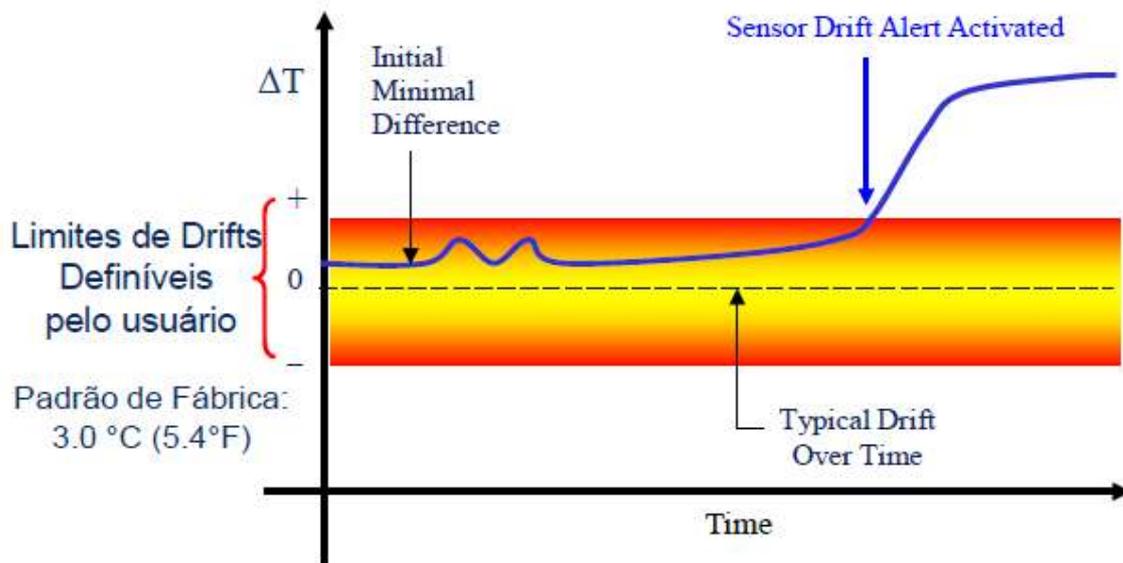
Diferença de temperatura ( $\Delta T$ )  
entre dois sensores  
monitorando o mesmo  
ponto de processo

O  $\Delta T$  muda quando o drift  
dos sensores varia.



Alerta Digital  
quando ocorrer variação  
dos limites definidos pelo usuário

## Exemplo Típico de Alerta de Drift



O que faz com que ocorra o Drift do sensor?

- Oscilações extremas de temperatura
- Altas vibrações
- Ataques de umidade devido a precariedade na construção mecânica dos sensores
- Contaminação dos elementos de platina

# Sensores de temperatura não intrusivos - X-Well™ Technology

PRODUTO NOVO!

ROSEMOUNT™

## Sensores de temperatura não intrusivos X-Well™ Technology

Rosemount X-well™ Technology é uma solução completa para a medição precisa da temperatura do processo sem a necessidade do poço termométrico ou de um processo de penetração.

- Precisão até  $\pm 0.37C$
- Sem frequência de desprendimento de vórtices (WFC)
- Redução de custos e tempo de instalação
- Sem soldaduras, Nipples ou Bidas
- Simplicidade de desenho e documentação

New X-Well™ Technology está disponível em 648 + 0085, adicionando os códigos PT + C1.

Para EPCs e para usuários finais, essa tecnologia oferece uma solução completa para suas necessidades.

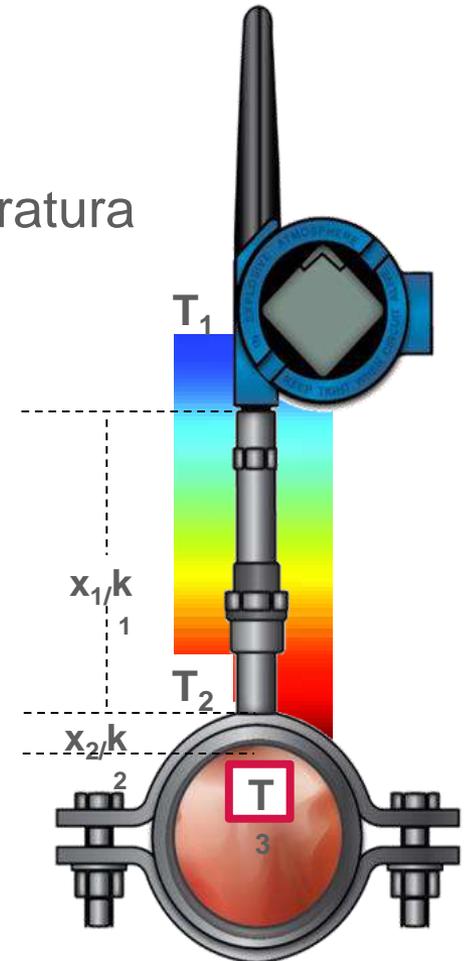


ROSEMOUNT™

  
**EMERSON™**  
Process Management

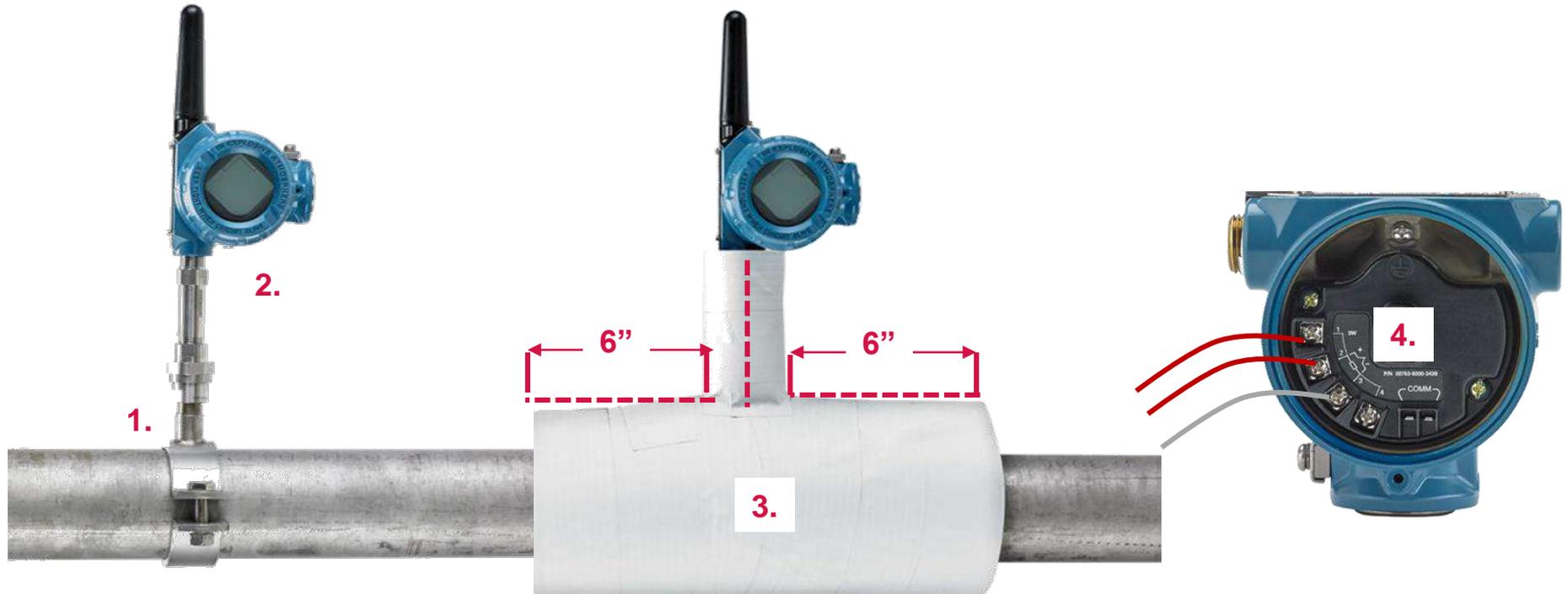
# Como a Tecnologia X-well Funciona?

- **Medição de temperatura não intrusiva**
- Ao medir a temperatura ambiente ( $T_1$ ) e a temperatura da superfície do tubo ( $T_2$ )
- Informações de processo
  - Material de tubulação
  - Schedule de tubulação
- A tecnologia X-Well pode calcular temperatura do processo no interior do tubo ( $T_3$ )



# Requisitos de instalação do X-Well

1. Procedimentos de instalação do sensor braçadeira de tubo padrão
2. Montagem direta necessária para Tecnologia X-Well
3. Isolação (1/2 pol. de espessura min.) É necessária sobre a braçadeira de extensão do sensor até o final do niple:
  - a) Aplicar um mínimo de 6" de isolamento de cada lado do sensor de braçadeira de tubo.
  - b) Deve ser tomado cuidado para minimizar as lacunas de ar entre o isolamento e tubulação
  - c) não Aplique isolamento por cima da cabeça do transmissor
4. Configuração do sensor de 3 fios necessária (será montado na fábrica junto a fiação)



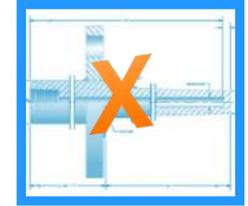
# Elimine Termopojos com a Tecnologia Rosemount X-well!



Pontos de Vazamento

**EXTRAPOLATED**

Medição de processo  
pela  
Medição de Superfície



Custo

**EXTERNAL**

**X-OUT THERMOWELLS**



Solda



Complexidade



Manutenção e paradas  
de processo



Cálculos de frequência de ressonância



Mudança de  
solicitações

# X-well Agrega Valores aos End users



## Aumento de Produção

Paradas de processo reduzida:

- Maior disponibilidade

Medição precisa da temperatura:

- Melhoria da qualidade



## Confiabilidade e Segurança

Sem possíveis pontos de vazamento

Ponto de medição não entram

em contato com o processo e não

São afetados por:

- Frequência de ressonância
- Corrosão
- Fluidos abrasivos
- Fluidos viscosos
- Tensões de flexão



## Reduz custos de manutenção

Frequência de manutenção reduzida

Simplifica calibração

Manutenção mais fácil

Nenhuma remoção para “Pigs”

Nenhum bloqueio da máquina /  
etiquetagem

Redesenho não é necessário para  
retrofit

## OPEX SAVINGS

Intervalos de manutenção reduzidos

Fácil manutenção - menos trabalho

Nenhuma parada de processo para calibração ou inspeção

Precisão para melhorar a qualidade do produto

# Perguntas ???



**Ivan Santos**

T +55 15 3413 8483

M +55 15 99201 3829

[ivan.santos@emerson.com](mailto:ivan.santos@emerson.com)

***Muito Obrigado !***