



Automação Industrial

Sensores de Temperatura – Parte I

Profº Engº Hermom Leal, Msc.

Versão 1 – Setembro/2019



Instrumentação — Medição de Temperatura

Definições

TEMPERATURA: grau de agitação térmica das moléculas.

ENERGIA TÉRMICA: é a somatória das energias cinéticas dos seus átomos.

CALOR: é a energia em trânsito.

PIROMETRIA: medição de altas temperaturas, na faixa onde os efeitos de radiação térmica passam a se manifestar.

CRIOMETRIA: medição de baixas temperaturas, ou seja, aquelas próximas do zero absoluto.

TERMOMETRIA: termo mais abrangente que incluiria tanto a Pirometria como a Criometria.

Instrumentação – Medição de Temperatura

MEIOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

- CONDUÇÃO
- RADIAÇÃO
- CONVECÇÃO

Escalas de Temperatura

	escalas absolutas		escalas relativas	
	R	K	°C	°F
Ponto de ebulição da água	671,67	373,15	100	212
Ponto de fusão do gelo	491,67	273,15	0	32
Zero absoluto	0	0	-273,15	-459,67

Conversão de Escalas

$$\text{°C} = \frac{\text{°F} - 32}{9} = \frac{\text{K} - 273}{5} = \frac{\text{R} - 491}{9}$$

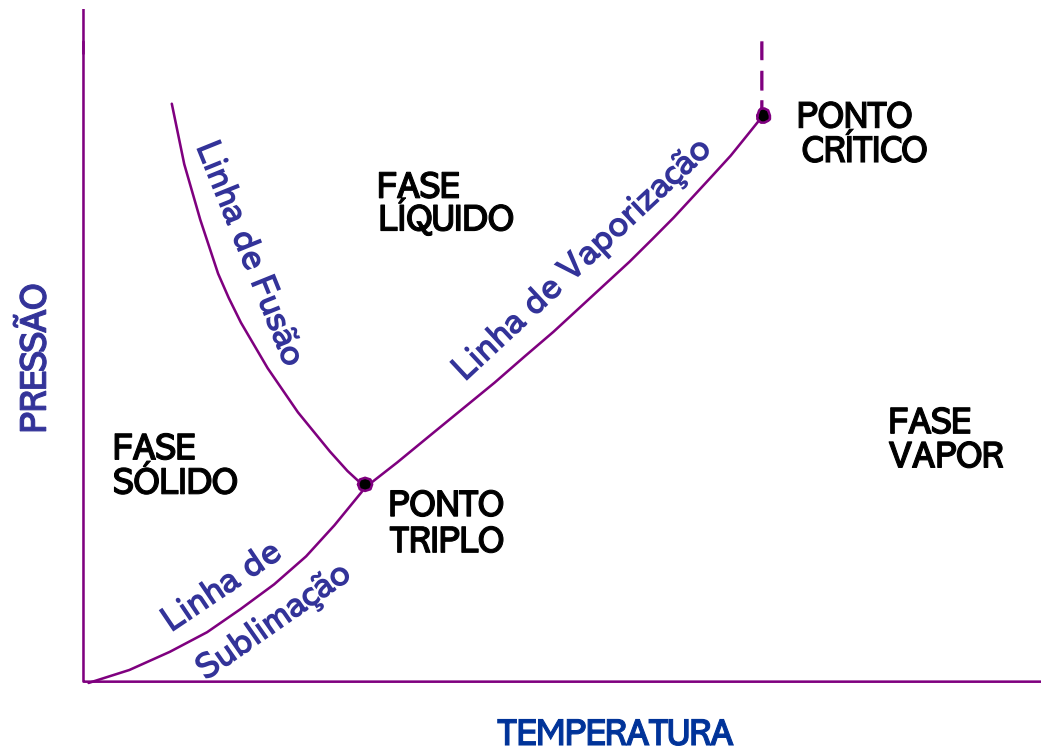
Instrumentação – Medição de Temperatura

- **ESCALA INTERNACIONAL DE TEMPERATURA: ITS-90**

PONTOS FIXOS	IPTS-68	ITS-90
Ebulição do Oxigênio	-182,962°C	-182,954°C
Ponto triplo da água	+0,010°C	+0,010°C
Solidificação do estanho	+231,968°C	+231,928°C
Solidificação do zinco	+419,580°C	+419,527°C
Solidificação da prata	+961,930°C	+961,780°C
Solidificação do ouro	+1064,430°C	+1064,180°C

Instrumentação – Medição de Temperatura

Pontos Fixos de Temperatura (Escala Prática Internacional de Temperatura)



* IPTS-68 / ITS - 90

* Normas e Padronização (ANSI, DIN, JIS, BS, UNI...)

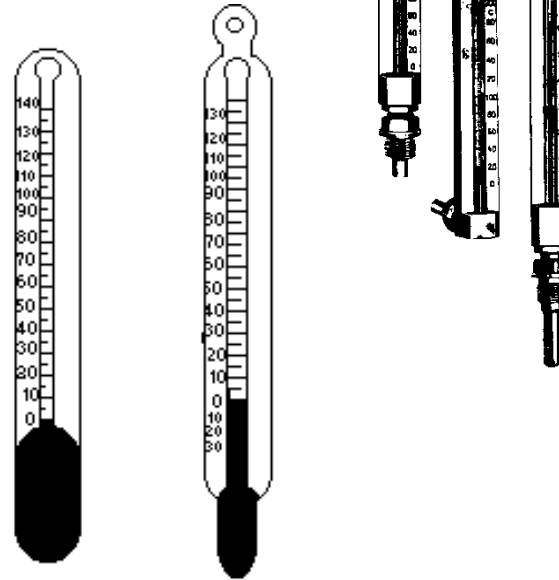
* IEC, ABNT.

Instrumentação – Medição de Temperatura

MEDIDORES DE TEMPERATURA POR DILATAÇÃO / EXPANSÃO

1 - TERMÔMETRO A DILATAÇÃO DE LÍQUIDO

$$V_t = V_o.(1 + \beta.\Delta t)$$

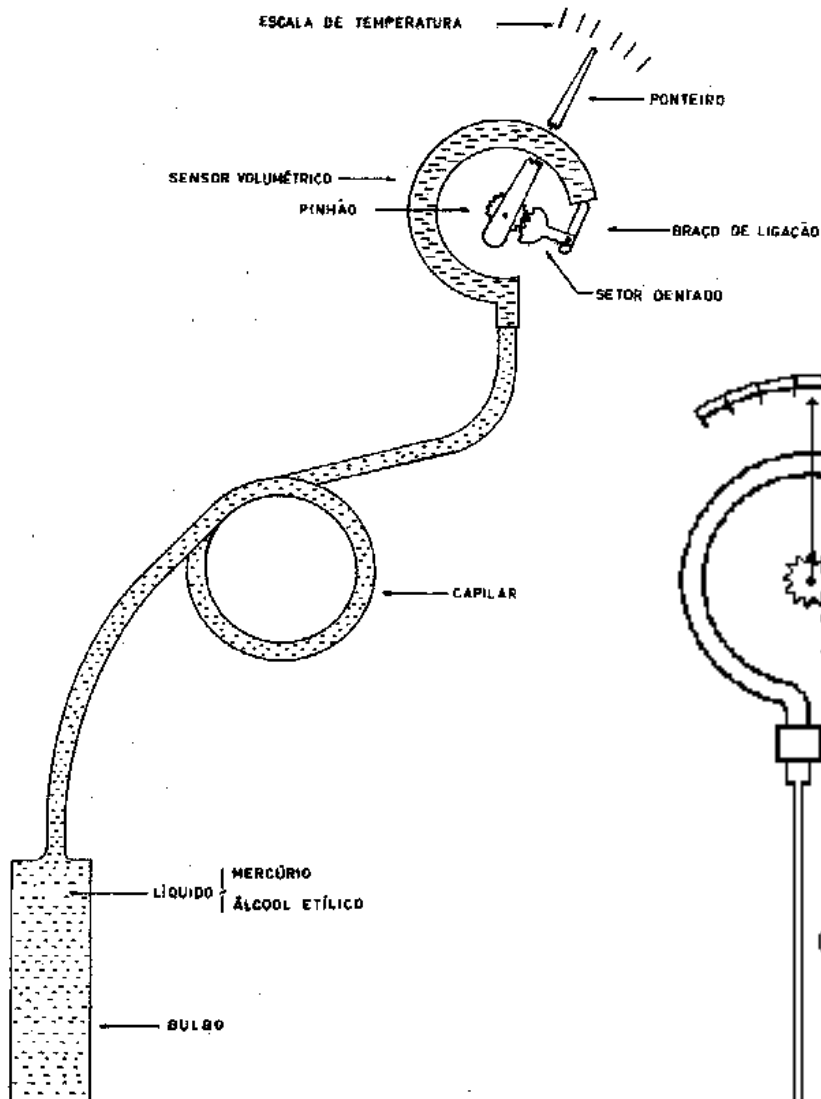


Recipiente de Vidro

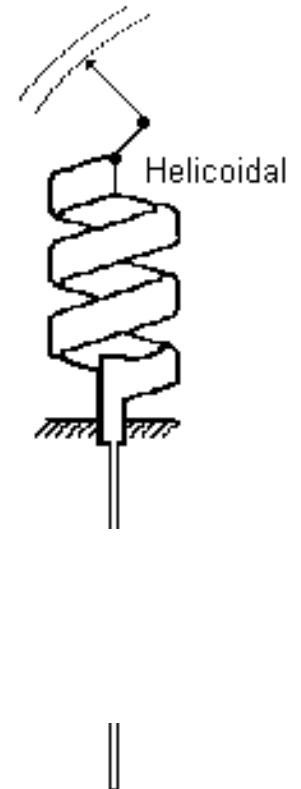
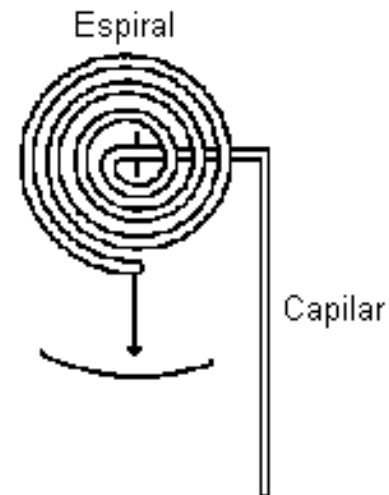
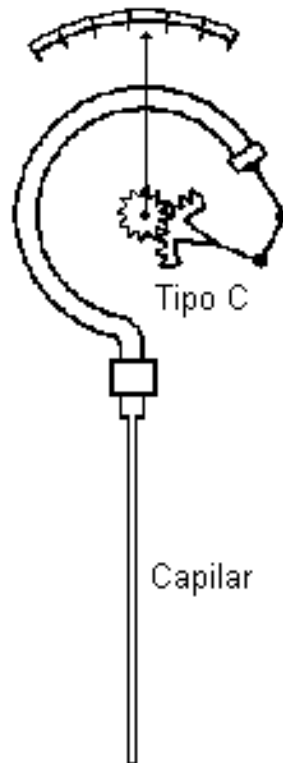
LÍQUIDO	PONTO DE SOLIDIFICAÇÃO(°C)	PONTO DE EBULIÇÃO(°C)	FAIXA DE USO(°C)
Mercúrio	-39	+357	-38 a 550
Álcool Etílico	-115	+78	-100 a 70
Tolueno	-92	+110	-80 a 100

Instrumentação – Medição de Temperatura

Recipiente Metálico

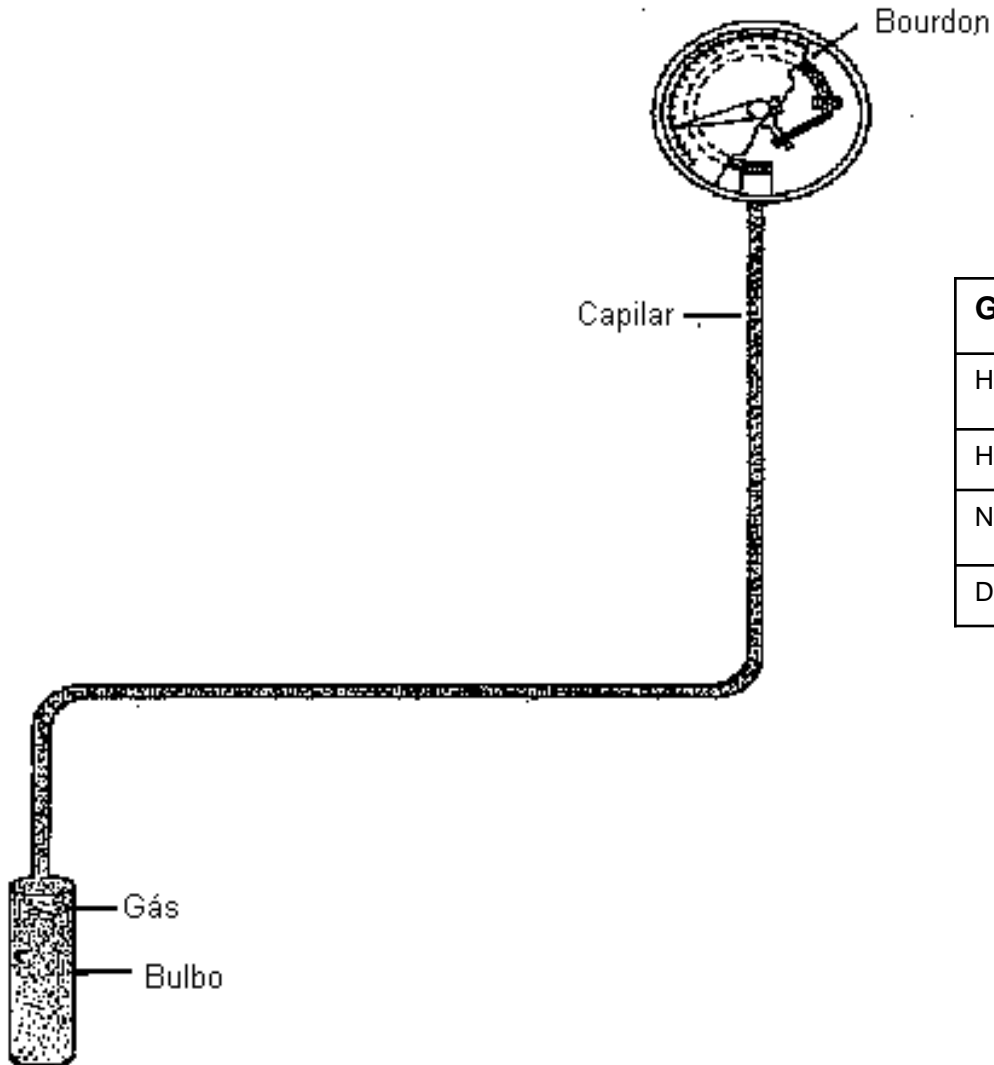


LÍQUIDO	FAIXA DE UTILIZAÇÃO (°C)
Mercúrio	-35 à +550
Xileno	-40 à +400
Tolueno	-80 à +100
Álcool	50 à +150



Instrumentação – Medição de Temperatura

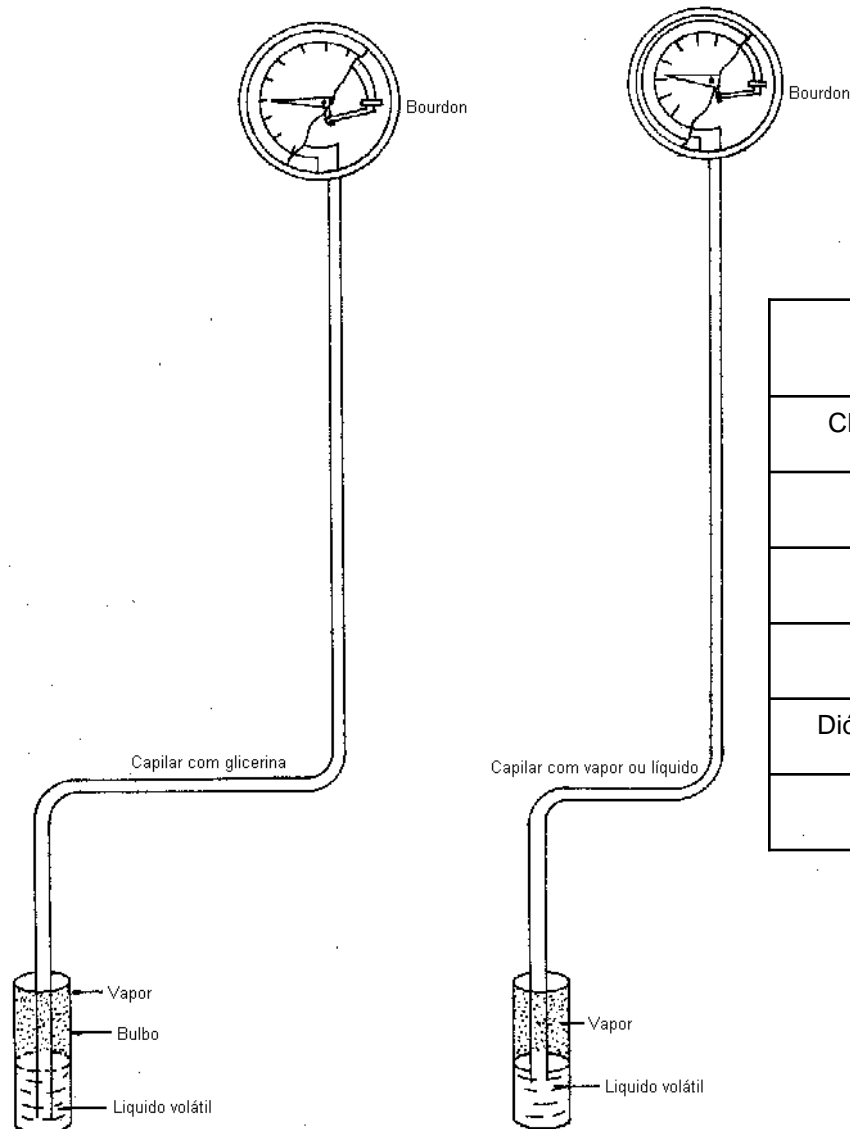
2 - TERMÔMETRO À PRESSÃO DE GÁS



Gás	Temperatura Crítica
Hélio (He)	- 267,8 °C
Hidrogênio (H ₂)	- 239,9 °C
Nitrogênio (N ₂)	- 147,1 °C
Dióxido de Carbono (CO ₂)	- 31,1 °C

Instrumentação – Medição de Temperatura

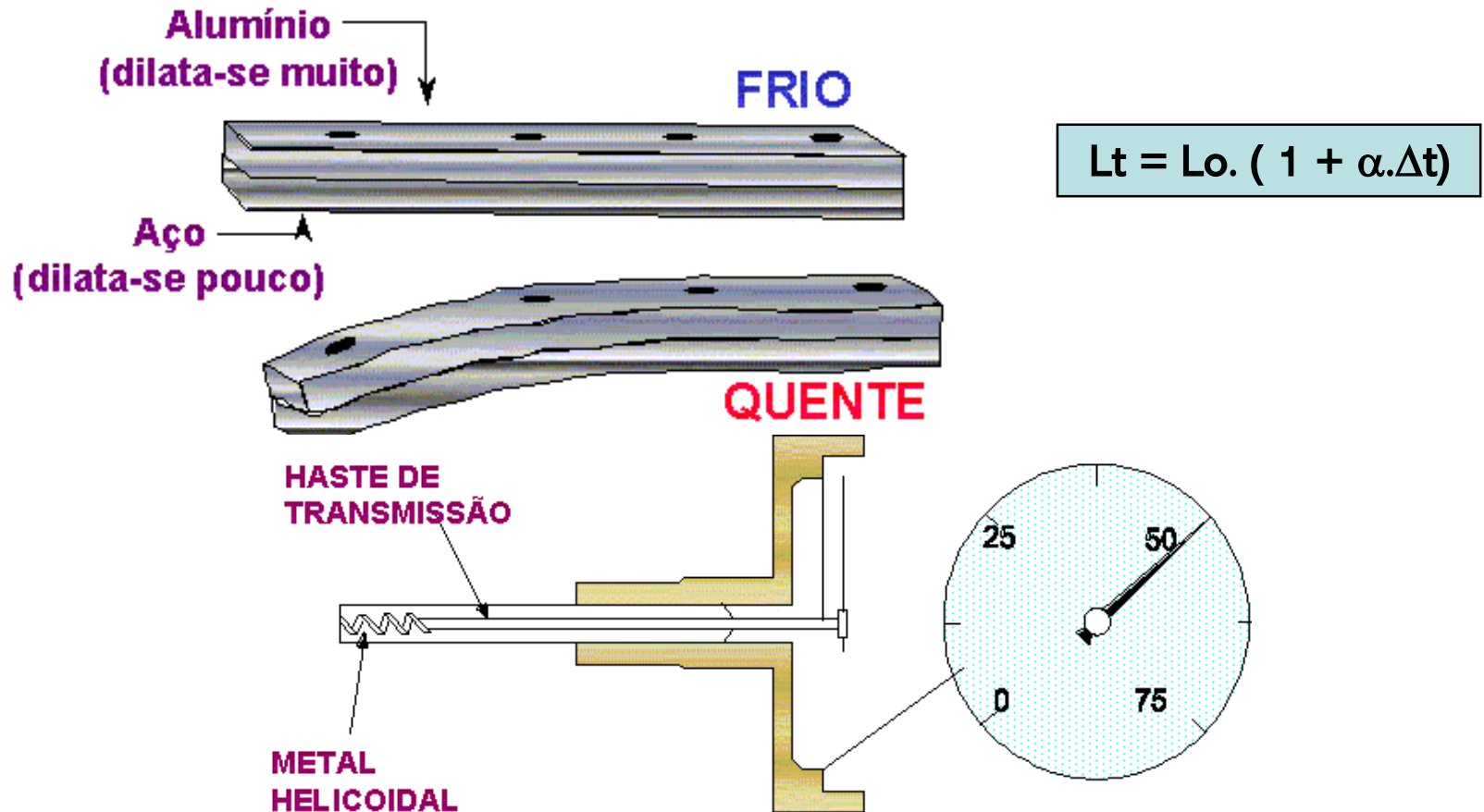
3 - TERMÔMETRO À PRESSÃO DE VAPOR



Líquido	Ponto de Fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)
Cloreto de Metila	- 139	- 24
Butano	- 135	- 0,5
Éter Etílico	- 119	34
Tolueno	- 95	110
Dióxido de enxofre	- 73	- 10
Propano	- 190	- 42

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMÔMETROS À DILATAÇÃO DE SÓLIDOS (TERMÔMETROS BIMETÁLICOS)



Sensor Temperatura



Os sensores de temperaturas são elementos transdutores que alteram uma ou mais de suas características físicas ao se equalizar com o meio para determinar a temperatura.

Sensor Temperatura

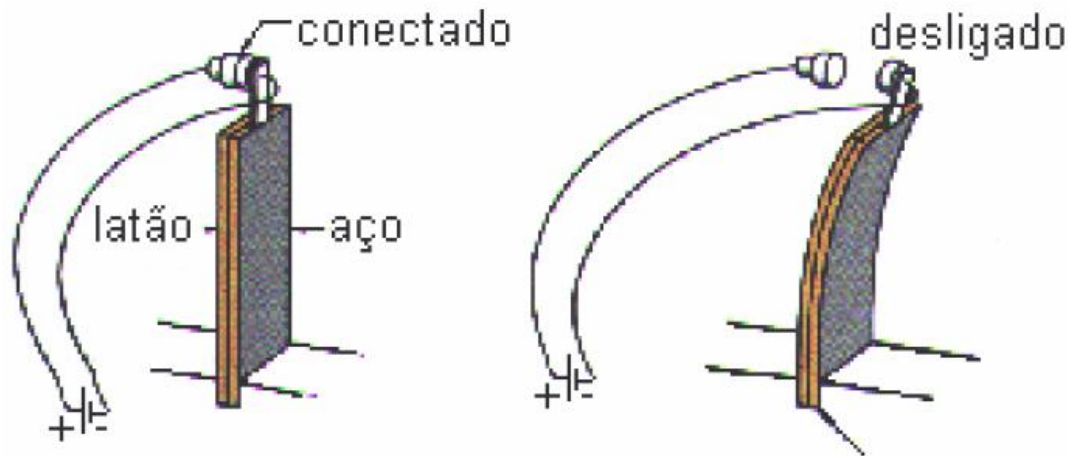
Tipos:

- *Bimetalico*
- *Pares termoelétricos*
- *NTC e PTC*

Sensor Temperatura

Bimetálico

Esse sensor consiste em duas lâminas feitas de metais que possuem coeficientes de dilatação diferentes. As lâminas são presas juntas de tal modo que, ao se aquecerem, o conjunto verga na direção da lâmina de menor coeficiente.



Sensor Temperatura

Bimetálico

Basta então dopar essas lâminas de contatos para que, ao haver o aquecimento, o movimento se encarregue de abrir ou fechar o circuito.

Trata-se de uma solução simples, mas pouco precisa para o controle de temperatura (termostatos), sendo empregado em aplicações como circuitos de proteção contra sobrecorrente, controle de temperatura em estufas, fornos, etc.

Sensor Temperatura

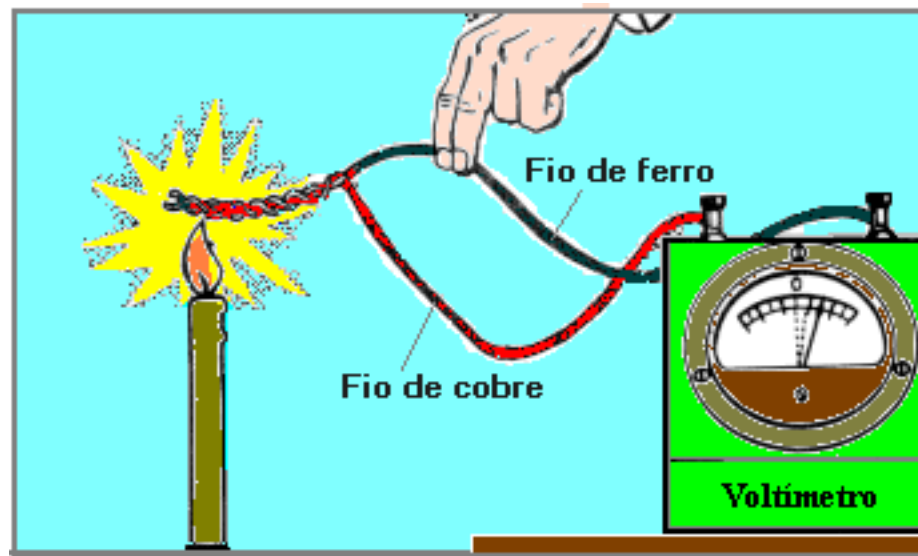
Tipos:

- ✓ *Bimetalico*
- *Pares termoelétricos*
- *NTC e PTC*

Sensor Temperatura

Pares Termoelétricos (Termopar)

Os pares termoelétricos têm a capacidade de operar com temperaturas muito altas, linearidade e precisas, e são os sensores mais utilizados no sensoriamento de temperaturas muito altas, que podem chegar a centenas de graus, como em fornos, por exemplo.



Sensor Temperatura

Pares Termoelétricos (Termopar)



Quando dois metais formam uma junção e um deles está numa temperatura diferente do outro, aparece entre eles uma tensão proporcional à diferença de temperatura.

Sensor Temperatura

Pares Termoelétricos (Termopar)

Quando se procede à escolha de um termopar deve-se ponderar qual o mais adequado para a aplicação desejada, segundo as características de cada tipo de termopar, tais como a gama de temperaturas suportada, a exatidão e a confiabilidade das leituras, entre outras.

Também deve-se levar em consideração, além da especificação do tipo de liga, a construção física do termopar. Para cada processo é necessário uma construção física específica, já que alguns processos agridem o material utilizado.

Sensor Temperatura

Pares Termoeléctricos (Termopar)

Tipo	Temperatura °C	Material
Metal – Básico		
E	-270 a 1000	Ni90%Cr10% (Cromel) vs Cu55%Ni45% (Constantan)
J	-210 a 760	Fe99,5% vs Cu55%Ni45% (Constantan)
T	-270 a 370	Cu100% vs Cu55%Ni45% (Constantan)
K	-270 a 1200	Ni90%Cr10% (Cromel) / Ni95%Mn2%Si1%Al2% (Alumel)
N	-270 a 1300	Niquel/Cromo/Silicio vs Niquel/Silicio/Magnesio
Metal - Nobre		
R	-50 a 1768	Pt87%Rh13% (Ródio-Platina) vs Pt100%
S	-50 a 1768	Pt90%Rh10% (Ródio-Platina) vs Pt100%
B	0 a 1820	Pt70,4%Rh29,6% (Ródio-Platina) vs Pt93,9%Rh6,1% (Ródio-Platina)