



Automação Industrial

***Sensores de Temperatura –
Parte II***

Profº Engº Hermom Leal, Msc.

Versão 1 – Setembro/2019



Sensor Temperatura

NTC e PTC (Termitores)

Os sensores NTC (Negative Temperature Coefficient) e PTC (Positive Temperature Coefficient) são resistores cuja resistência diminui (NTC) ou aumenta (PTC) quando a temperatura aumenta.



NTC

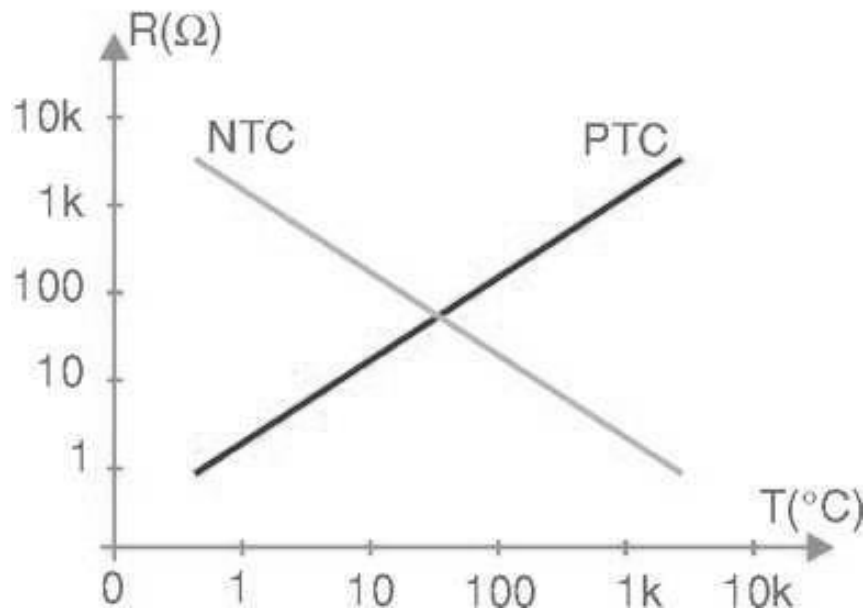
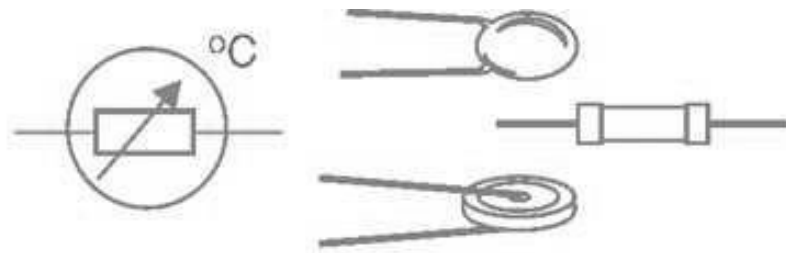


PTC



Sensor Temperatura

NTC e PTC (Termistores)



Sensor Temperatura

NTC e PTC (Termitores)

Os sensores NTC e PTC trabalham numa faixa de temperaturas que vai de valores negativos até aproximadamente 125°C, e são utilizados como sensores em uma grande quantidade de aplicações, devido a facilidade de utilização e baixo custo.

Instrumentação — Medição de Temperatura

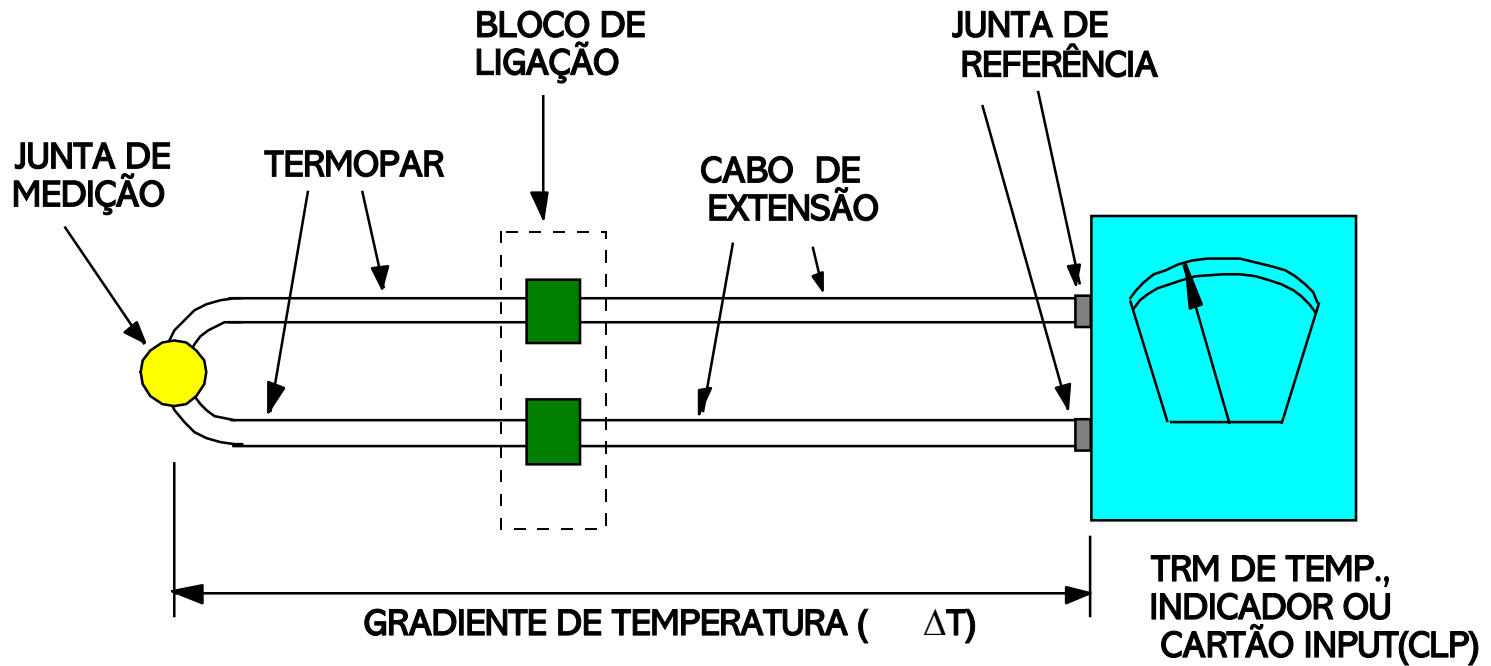
TERMOPAR

**TRANSDUTOR QUE
CONVERTE VARIAÇÕES DE
TEMPERATURA EM
VARIAÇÕES DE TENSÃO.**



Instrumentação – Medição de Temperatura

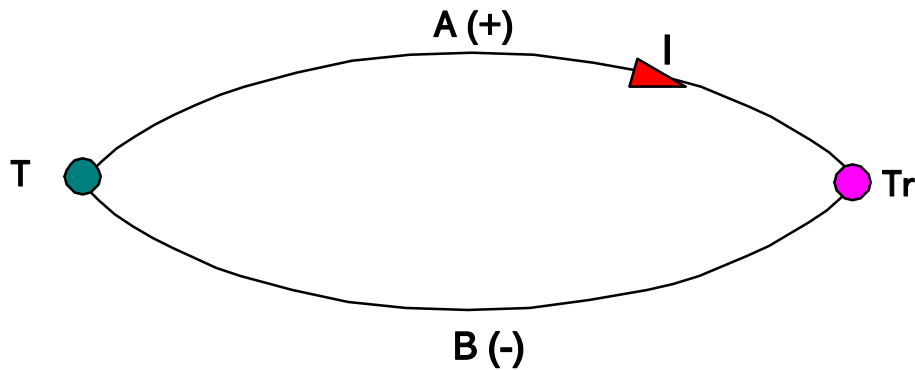
MEDIÇÃO DE TEMPERATURA COM TERMOPAR



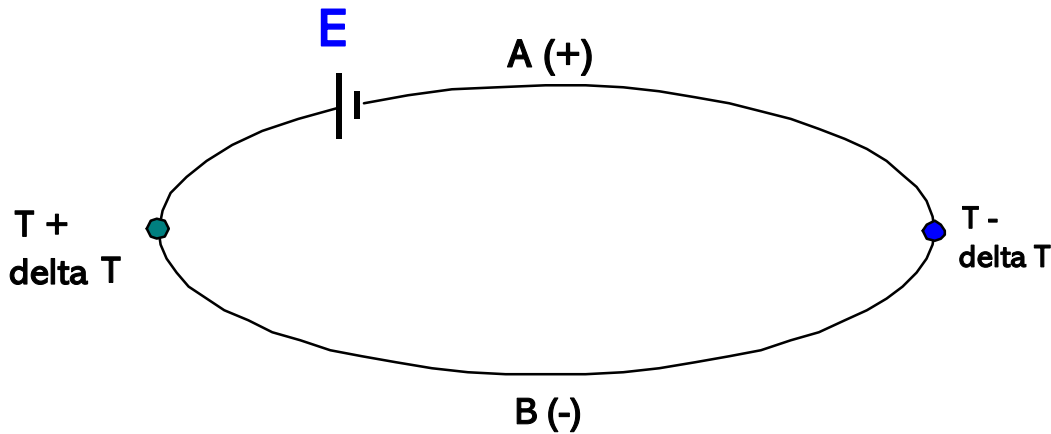
Efeitos Termoelétricos:

Seebeck, Peltier, Thomson e Volta.

Instrumentação – Medição de Temperatura



" Efeito Seebeck "



" Efeito Peltier "

" Efeitos Thomson e Volta "

Instrumentação — Medição de Temperatura

CARACTERÍSTICAS/TIPOS DOS TERMOPARES

" Existem várias combinações de 2 metais condutores:

- devem possuir relação razoável/ linear entre Temperatura x fem e também desenvolver uma fem por grau de mudança de Temperatura, que seja detectável pelos equipamentos normais

Grupos : * Termopares Básicos.

* Termopares Nobres.

* Termopares Especiais.

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMOPAR BÁSICO – TIPO T

Liga: (+) **Cobre** / (99,9 %)(-) **Constantan**

São as ligas de Cu - Ni compreendidos no intervalo entre Cu(50%) e Cu (65%) Ni (35 %). A composição mais utilizada para este tipo de termopar é de Cu (58 %) e Ni (42 %).

Características:

Faixa de utilização: - 184 °C a 370 °C

f.e.m. produzida: - 6,258 mV a 20,810 mV

Aplicações:

Criometria (baixas temperaturas), Indústrias de refrigeração, Pesquisas agronômicas e ambientais, Química e Petroquímica.

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMOPAR BÁSICO -TIPO J

Liga: (+) **Ferro** / (99,5 %) (-) **Constantan**

Cu (58 %) e Ni (42 %), normalmente se produz o ferro e a partir de sua característica.

Características:

Faixa de utilização: 0 °C a 760 °C

f.e.m. produzida: - 8,095 mV a 43,559 mV

Aplicações:

Centrais de energia, Metalúrgica, Química, Petroquímica, indústrias em geral.

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMOPAR BÁSICO-TIPO E

Liga: (+) **Chromel** - Ni (90 %) e Cr (10 %)

(-) **Constantan** - Cu (58 %) e Ni (42 %)

Características:

Faixa de utilização: 0 °C a 870 °C

f.e.m. produzida: - 9,835 mV a 76,298 mV

Aplicações:

Química e Petroquímica

Instrumentação — Medição de Temperatura

TERMOPAR BÁSICO -TIPO K

Liga: (+) **Chromel** - Ni (90 %) e Cr (10 %)

(-) **Alumel** - Ni(95,4 %), Mn(1,8 %), Si (1,6 %), Al (1,2 %)

Características:

Faixa de utilização: 0 °C a 1260 °C

f.e.m. produzida: - 6,458 mV a 54,852 mV

Aplicações:

Metalúrgicas, Siderúrgicas, Fundição, Usina de Cimento e Cal, Vidros, Cerâmica, Indústrias em geral

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMOPAR NOBRE - TIPO S

Liga: (+) Platina 90% Rhodio 10 %

(-) Platina 100 %

Características:

Faixa de utilização: 0 °C a 1480 °C

f.e.m. produzida: - 0,236 mV a 18,693 mV

Aplicações:

Siderúrgica, Fundição, Metalúrgica, Usina de Cimento, Cerâmica, Vidro e Pesquisa Científica.

Observação: É utilizado em sensores descartáveis na faixa de 1200 a 1768 °C, para medição de metais líquidos em Siderúrgicas e Fundições

Instrumentação — Medição de Temperatura

TERMOPAR NOBRE - TIPO R

Liga: (+) **Platina 87 % Rhodio 13 %**

(-) **Platina 100 %**

Características:

Faixa de utilização: 0 °C a 1480 °C

f.e.m. produzida: - 0,226 mV a 21,101 mV

Aplicações:

Similares a do tipo S

Instrumentação — Medição de Temperatura

TERMOPAR NOBRE - TIPO B

Liga: (+) **Platina 70 % Rhodio 30 %**

(-) **Platina 94 % Rhodio 6 %**

Características:

Faixa de utilização: 870a 1705 °C

f.e.m. produzida: 0 mV a 13,809 mV

Aplicações:

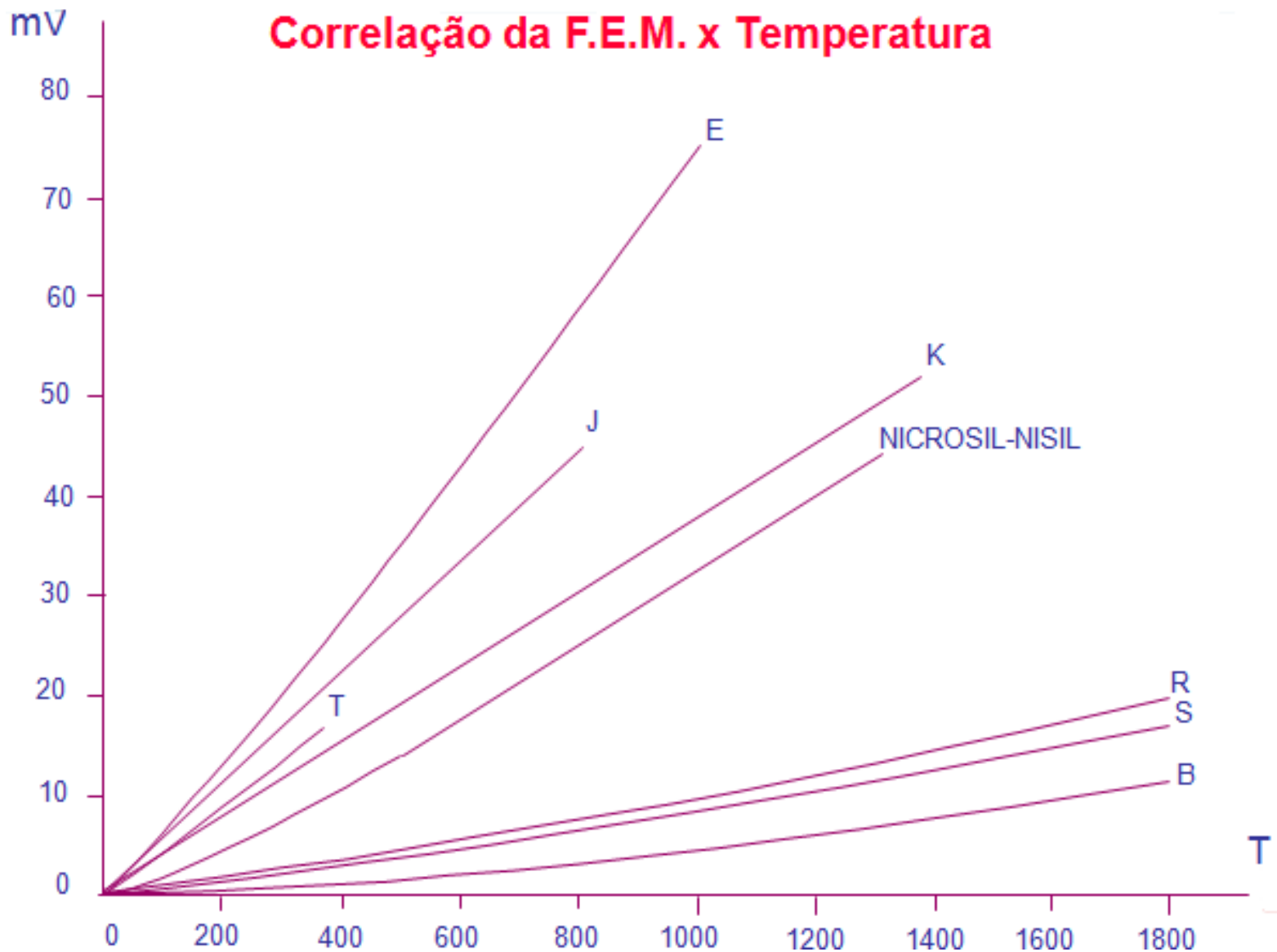
Vidro, Siderúrgica, alta temperatura em geral.

Instrumentação – Medição de Temperatura

TABELA DE CORRELAÇÃO - FEM x TEMPERATURA

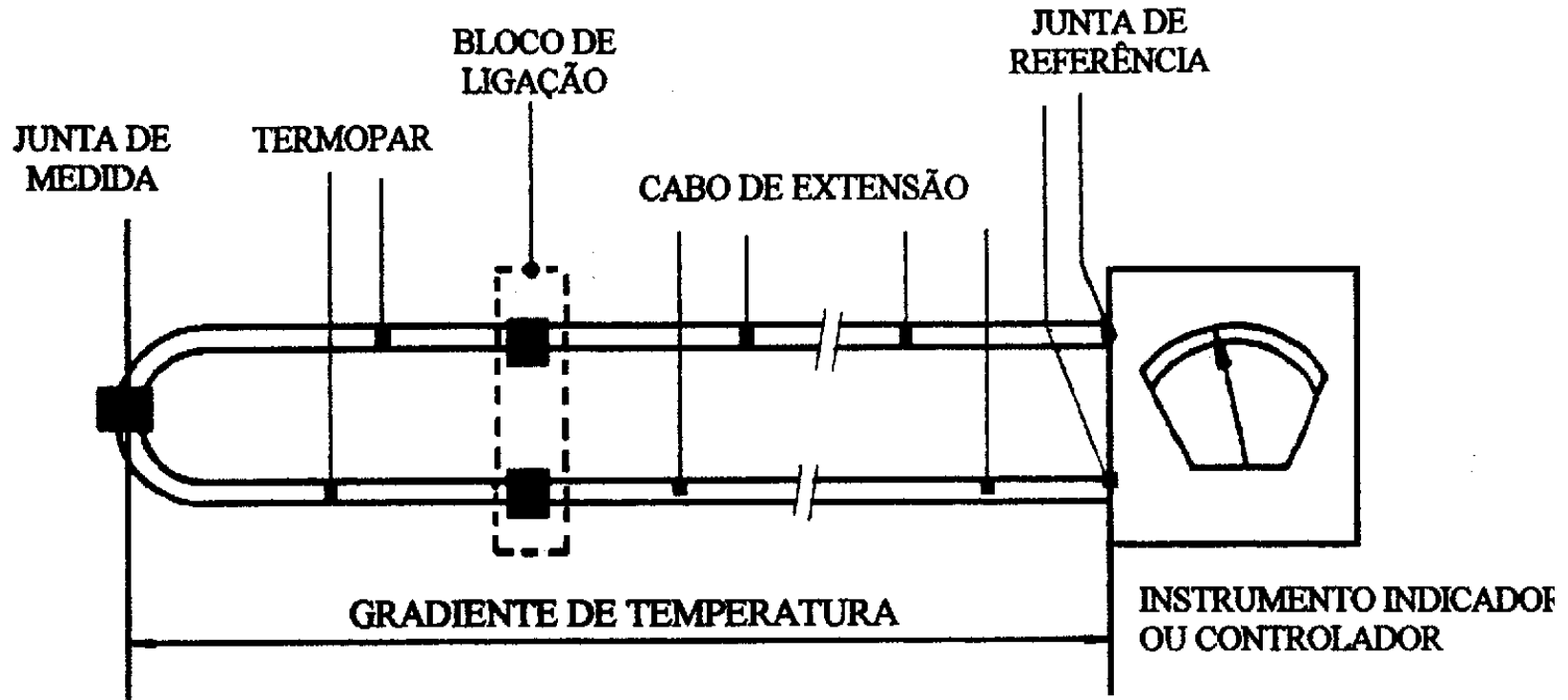
TABELA 8 Termopar Tipo J											
Temperatura em Graus Celsius (ITS-90)											
EMF em Milivolts	Junções à 0°C										
°C	-0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
VOLTAGEM TERMOELÉTRICA EM MILIVOLTS											
-210	-8.095										
-200	-7.890	-7.912	-7.934	-7.955	-7.976	-7.996	-8.017	-8.037	-8.057	-8.076	-8.095
-190	-7.659	-7.683	-7.707	-7.731	-7.755	-7.778	-7.801	-7.824	-7.846	-7.868	-7.890
-180	-7.403	-7.429	-7.456	-7.482	-7.508	-7.534	-7.559	-7.585	-7.610	-7.634	-7.659
-170	-7.123	-7.152	-7.181	-7.209	-7.237	-7.265	-7.293	-7.321	-7.348	-7.376	-7.403
-160	-6.821	-6.853	-6.883	-6.914	-6.944	-6.975	-7.005	-7.035	-7.064	-7.094	-7.123
-150	-6.500	-6.533	-6.566	-6.598	-6.631	-6.663	-6.695	-6.727	-6.759	-6.790	-6.821
-140	-6.159	-6.194	-6.229	-6.263	-6.298	-6.332	-6.366	-6.400	-6.433	-6.467	-6.500
-130	-5.801	-5.838	-5.874	-5.910	-5.946	-5.982	-6.018	-6.054	-6.089	-6.124	-6.159
-120	-5.426	-5.465	-5.503	-5.541	-5.578	-5.616	-5.653	-5.690	-5.727	-5.764	-5.801
-110	-5.037	-5.076	-5.116	-5.155	-5.194	-5.233	-5.272	-5.311	-5.350	-5.388	-5.426
-100	-4.633	-4.674	-4.714	-4.755	-4.796	-4.836	-4.877	-4.917	-4.957	-4.997	-5.037
-90	-4.215	-4.257	-4.300	-4.342	-4.384	-4.425	-4.467	-4.509	-4.550	-4.591	-4.633
-80	-3.786	-3.829	-3.872	-3.916	-3.959	-4.002	-4.045	-4.088	-4.130	-4.173	-4.215
-70	-3.344	-3.389	-3.434	-3.478	-3.522	-3.566	-3.610	-3.654	-3.698	-3.742	-3.786
-60	-2.893	-2.938	-2.984	-3.029	-3.075	-3.120	-3.165	-3.210	-3.255	-3.300	-3.344
-50	-2.431	-2.478	-2.524	-2.571	-2.617	-2.663	-2.709	-2.755	-2.801	-2.847	-2.893
-40	-1.961	-2.008	-2.055	-2.103	-2.150	-2.197	-2.244	-2.291	-2.338	-2.385	-2.431
-30	-1.482	-1.530	-1.578	-1.626	-1.674	-1.722	-1.770	-1.818	-1.865	-1.913	-1.961
-20	-0.995	-1.044	-1.093	-1.142	-1.190	-1.239	-1.288	-1.336	-1.385	-1.433	-1.482
-10	-0.501	-0.550	-0.600	-0.650	-0.699	-0.749	-0.798	-0.847	-0.896	-0.946	-0.995
0	0.000	-0.050	-0.101	-0.151	-0.201	-0.251	-0.301	-0.351	-0.401	-0.451	-0.501
°C	-0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
0	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.235	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507
10	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019
20	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537
30	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059
40	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585
50	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116
60	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650
70	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187
80	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726
90	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269
100	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814
110	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360
120	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909
130	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459
140	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010
150	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562
160	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115
170	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669
180	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224
190	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.557	10.612	10.668	10.723	10.779
200	10.779	10.834	10.890	10.945	11.001	11.056	11.112	11.167	11.223	11.278	11.334
210	11.334	11.389	11.445	11.501	11.556	11.612	11.667	11.723	11.778	11.834	11.890
220	11.890	11.945	12.000	12.056	12.111	12.167	12.222	12.278	12.334	12.389	12.445
230	12.445	12.500	12.556	12.611	12.667	12.722	12.778	12.833	12.889	12.944	13.000
240	13.000	13.056	13.111	13.167	13.222	13.278	13.333	13.389	13.444	13.500	13.555
250	13.555	13.611	13.666	13.722	13.777	13.833	13.888	13.944	13.999	14.055	14.110
260	14.110	14.166	14.221	14.277	14.332	14.388	14.443	14.499	14.554	14.609	14.665
270	14.665	14.720	14.776	14.831	14.887	14.942	14.998	15.053	15.109	15.164	15.219
280	15.219	15.275	15.330	15.386	15.441	15.496	15.552	15.607	15.663	15.718	15.773
290	15.773	15.829	15.884	15.940	15.995	16.050	16.106	16.161	16.216	16.272	16.327

Instrumentação – Medição de Temperatura



Instrumentação – Medição de Temperatura

COMPENSAÇÃO MANUAL DA JUNTA DE REFERÊNCIA



Instrumentação – Medição de Temperatura

FIOS E CABOS EXTENSÃO E COMPENSAÇÃO

1- Convenciona-se chamar de fios aqueles condutores constituídos por um eixo sólido e de cabos aqueles formados por um feixe de condutores de bitola menor, formando um condutor flexível.

2- Chama-se de fios ou cabos de extensão aqueles fabricados com as mesmas ligas dos termopares a que se destinam. Exemplo: Tipo TX, JX, EX e KX.

3- Chama-se de fios ou cabos de compensação aqueles fabricados com ligas diferentes das dos termopares a que se destinam, porém que forneçam, na faixa de utilização recomendada, uma curva da força eletromotriz em função da temperatura equivalente à desses termopares. Exemplo : Tipo SX e BX.

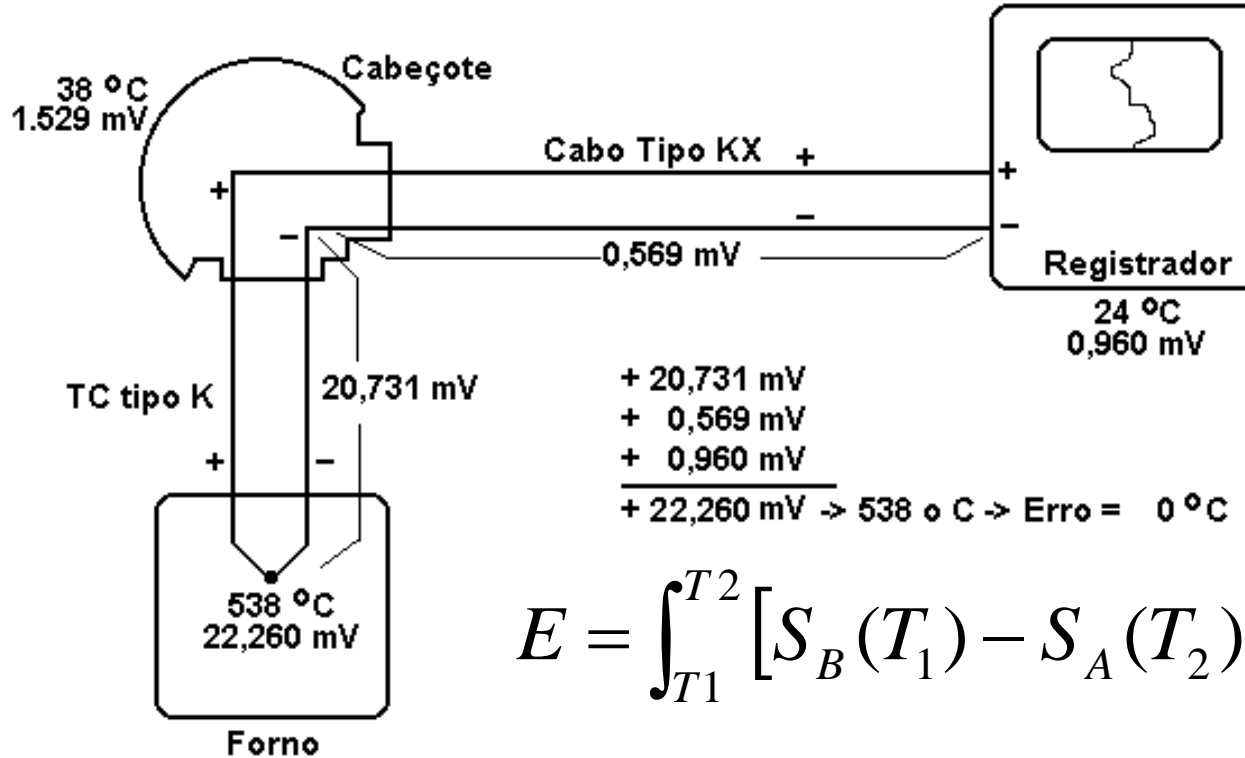
Instrumentação — Medição de Temperatura

Normas para termopares

Símbolo Termopar	CÓD.	Condutores (+) / (-)	Faixa de Temperatura °C	Tolerância	N O R M A S				
					Americana ANSI MC 98.1	Alema DIN 43714	Inglês BS 1843:52	Japonesa JIS C1610:81	Francesa NF C42-323
T	TX	EXTENSÃO TIPO T Cobre (-) / Cobre-Níquel (-)	-60 a 100°C	Standard ±1,0°C Especial ±0,5°C					
J	JX	EXTENSÃO TIPO J Ferro (+) / Cobre-Níquel (-)	0 a 200°C	Standard ±2,2°C Especial ±1,1°C					
E	EX	EXTENSÃO TIPO E Níquel-Cromo (+) / Cobre-Níquel (-)	0 a 200°C	Standard ±1,7°C Especial -					
K	KX	EXTENSÃO TIPO K Níquel-Cromo (+) / Níquel-Alumínio (-)	0 a 200°C	Standard ±2,2°C Especial -					
K	WX	COMPENSAÇÃO TIPO K Ferro (+) / Níquel-Cobre (-)	-20 a 150°C	Standard ±3,0°C Especial -					
K	VX	COMPENSAÇÃO TIPO K Cobre (+) / Cobre-Níquel (-)	-20 a 150°C	Standard ±2,5°C Especial -					
S	SX	COMPENSAÇÃO TIPO S/R Cobre (+) / Cobre-Níquel (-)	0 a 200°C	Standard ±5,0°C Especial -					
R	RX								
B	BX	CABOS de COBRE Comuns Cobre (+) / Cobre (-)	0 a 100°C	Standard 0°C a 9,7°C Especial -					
N	NX	EXTENSÃO TIPO N Níquel-Cromo-Silício (+) Níquel-Silício (-)	0 a 200°C	Standard ±2,2°C Especial -					

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMOPAR - LIGAÇÃO CORRETA

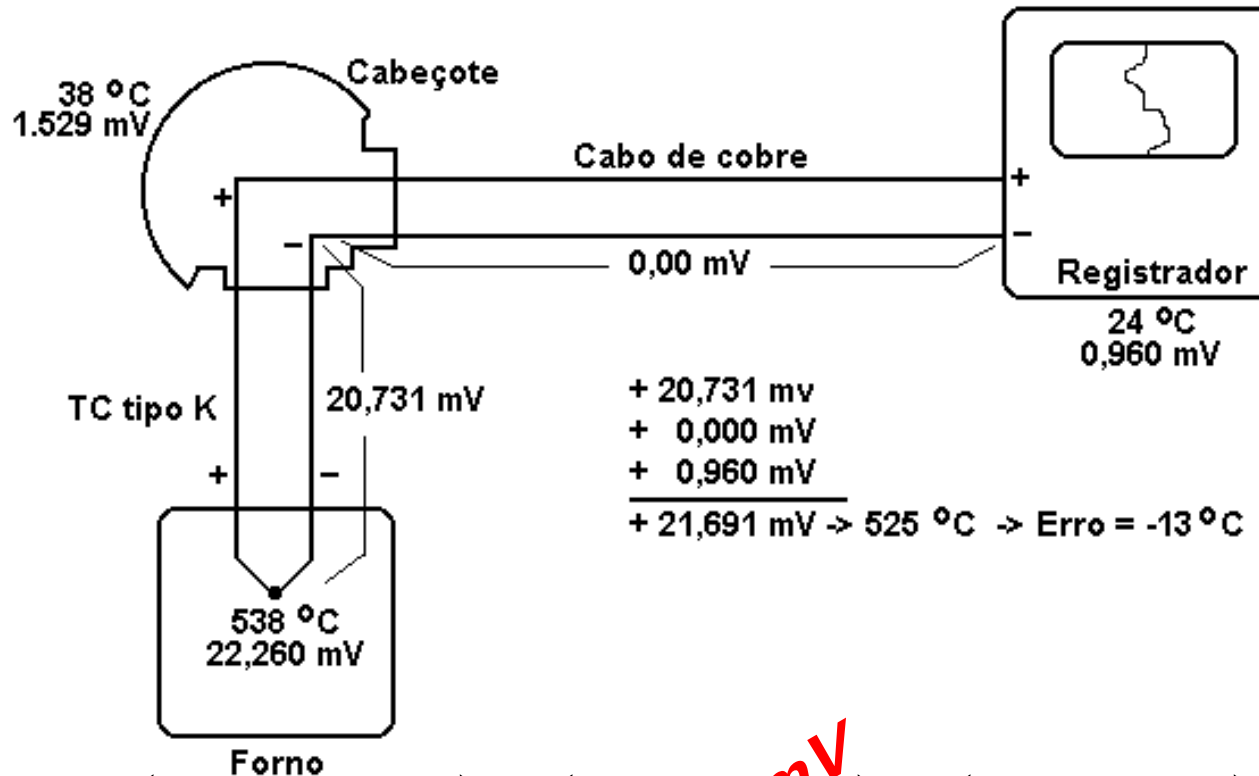


$$E = \int_{T_1}^{T_2} [S_B(T_1) - S_A(T_2)] dt$$

$$FEM = \underbrace{(E_{538} - E_{38})}_{\text{}} + \underbrace{(E_{38} - E_{24})}_{\text{}} + \underbrace{(E_{24} - E_0)}_{\text{CORREÇÃO JR}}$$

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMOPAR - ERROS DE LIGAÇÃO - CABO DE COBRE

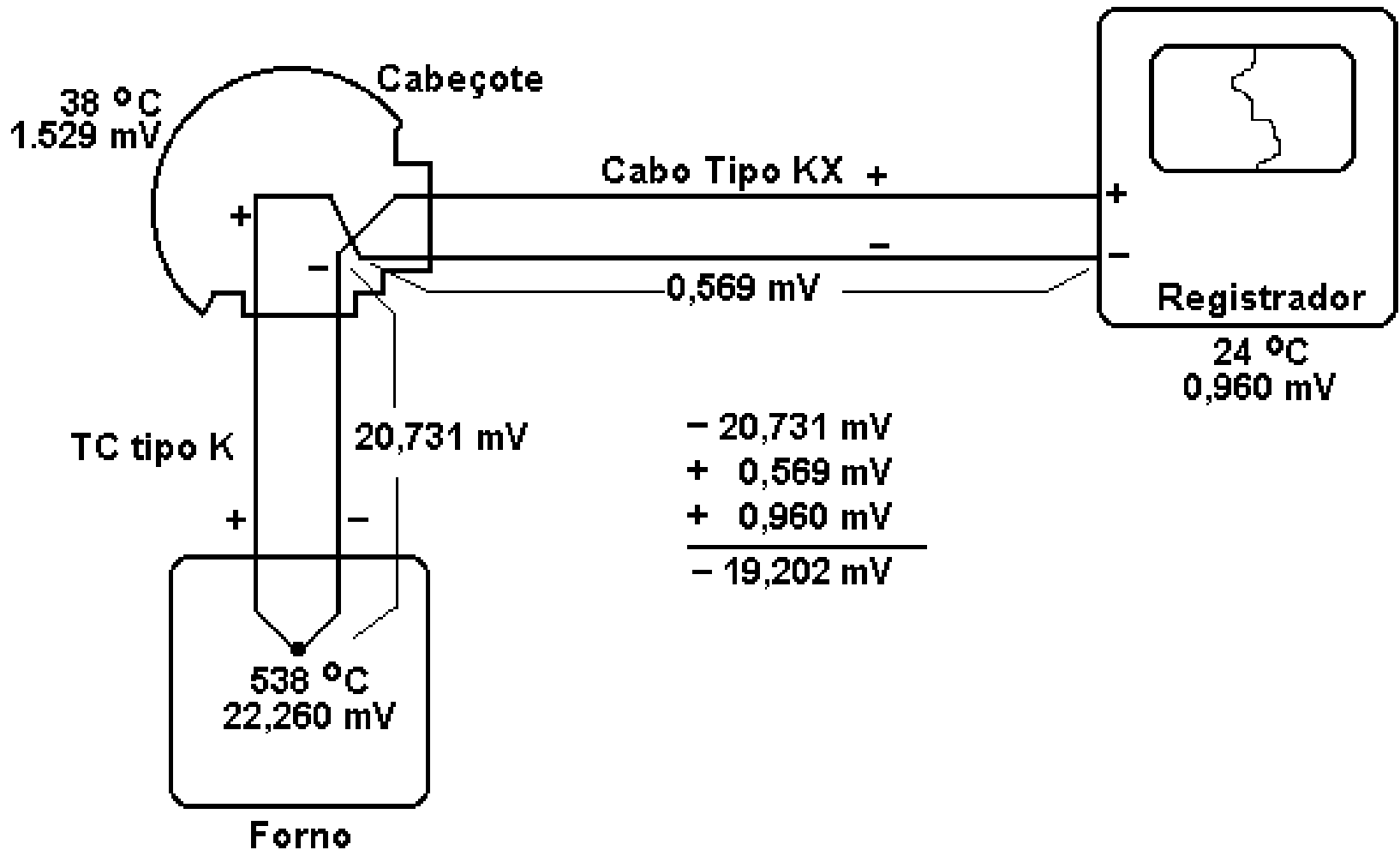


$$FEM = (E_{538} - E_{38}) + (\cancel{E_{38}} - \cancel{E_{24}}) + (E_{24} - E_0)$$

ZERO mV

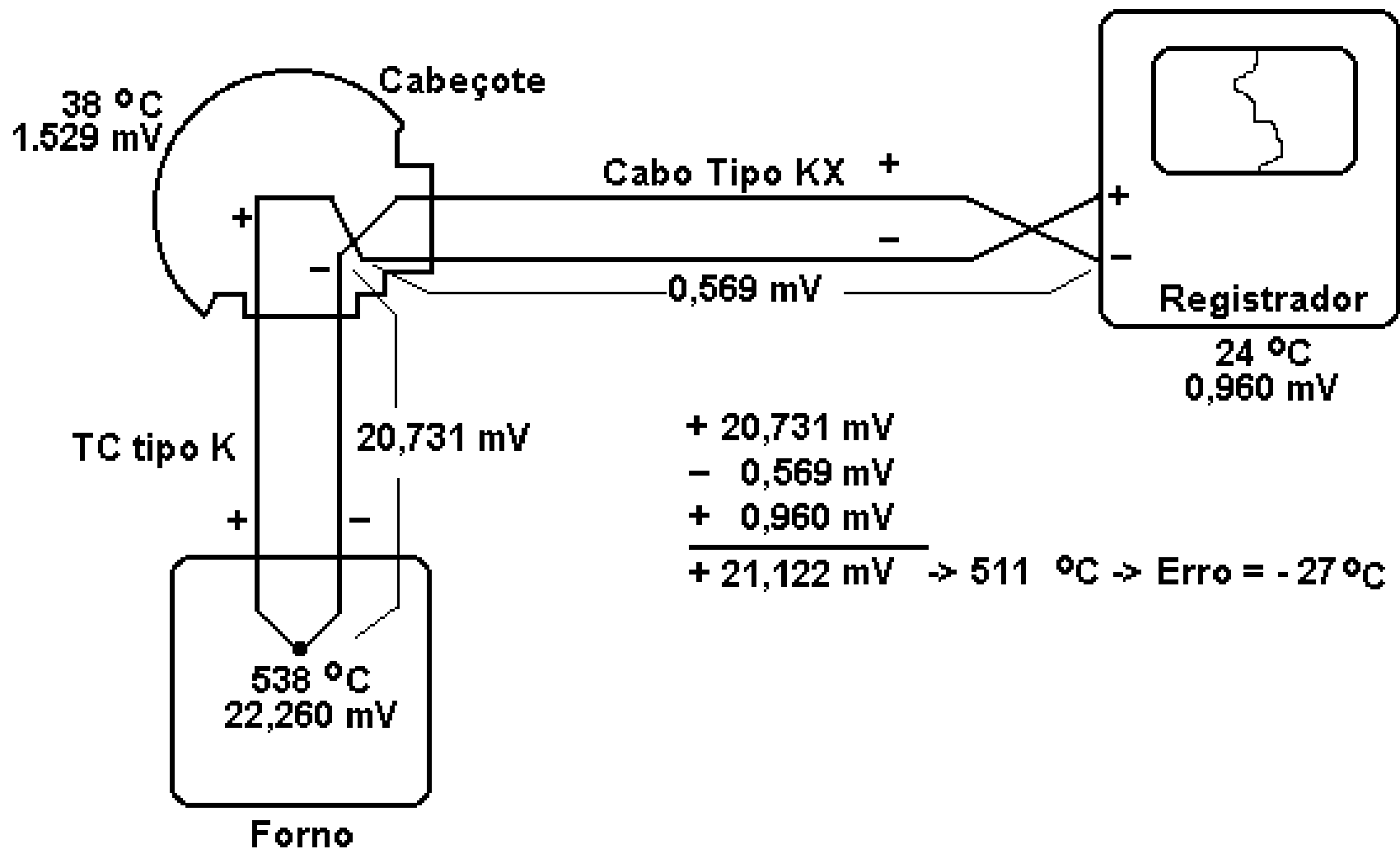
Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMOPAR - ERROS DE LIGAÇÃO - INVERSÃO SIMPLES



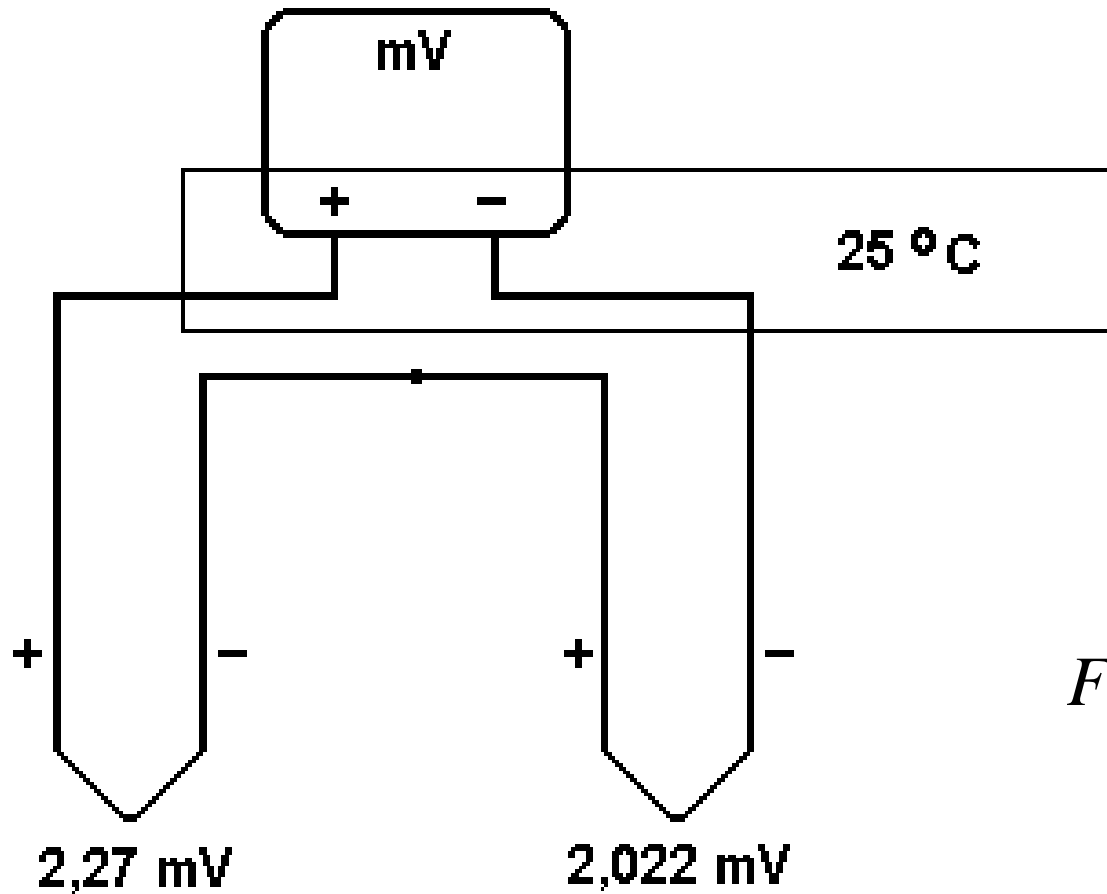
Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMOPAR - ERROS DE LIGAÇÃO - DUPLA INVERSÃO



Instrumentação – Medição de Temperatura

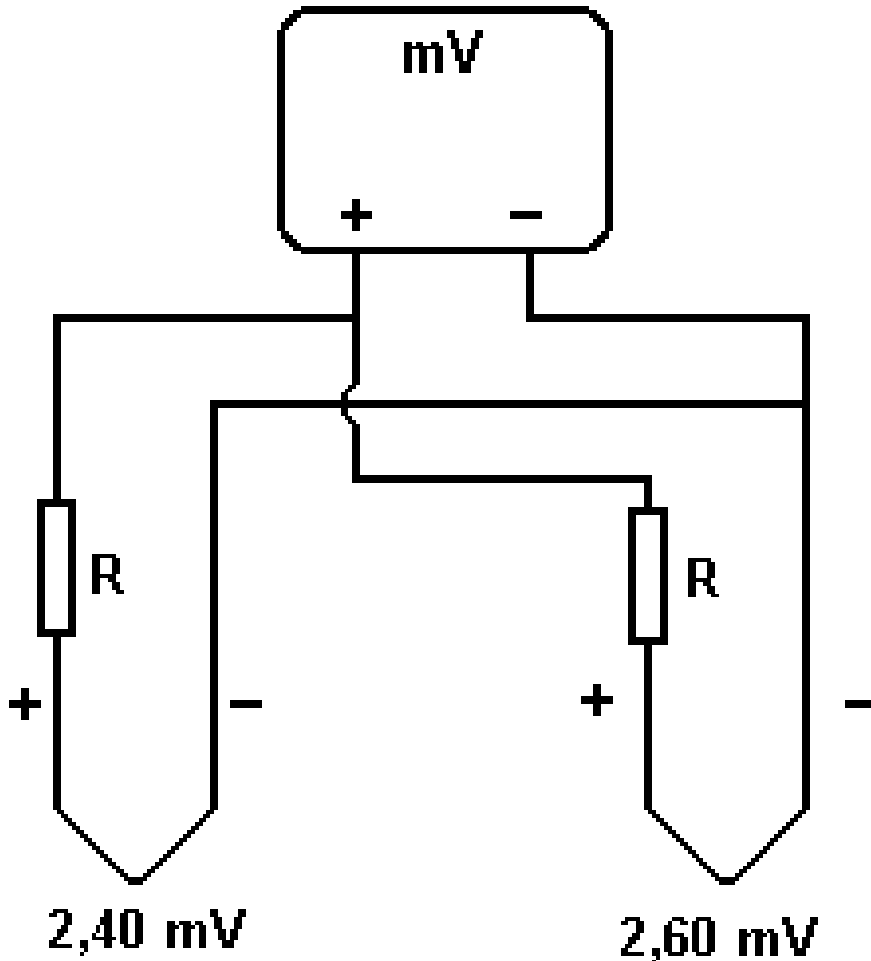
TERMOPAR - ASSOCIAÇÃO SÉRIE - TERMOPILHA



$$FEM = \sum_{I=1}^N E_I$$

Instrumentação – Medição de Temperatura

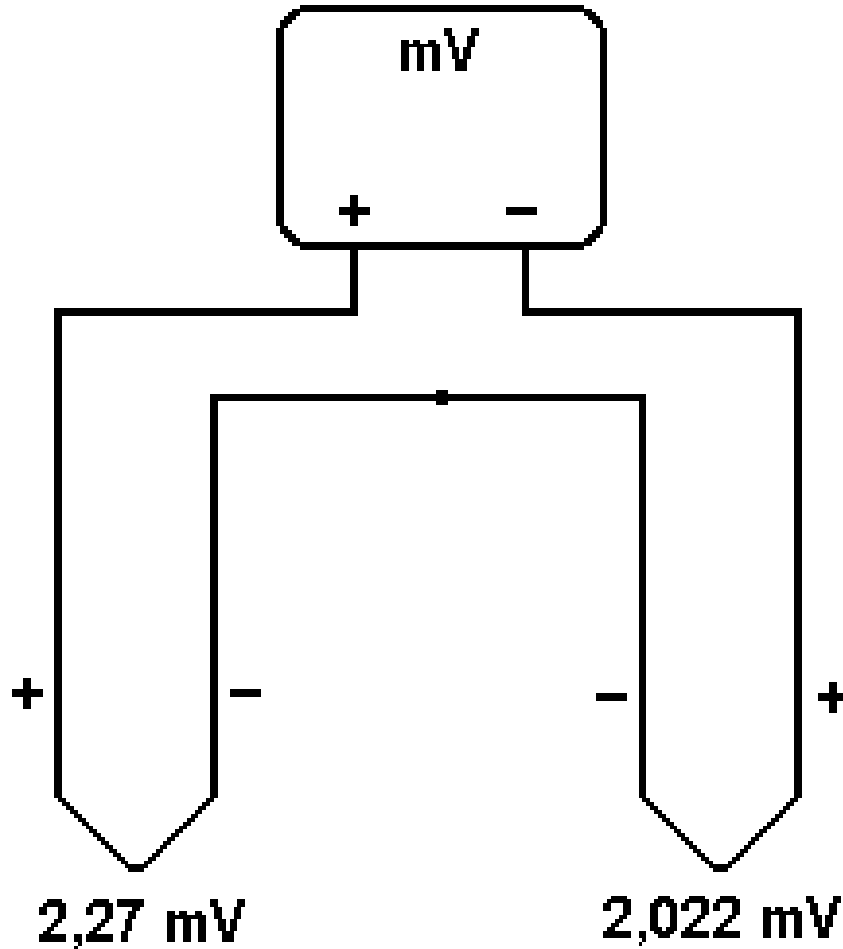
TERMOPAR - ASSOCIAÇÃO PARALELA - TERMOPILHA



$$FEM = \frac{1}{N} \sum_{I=1}^N E_I$$

Instrumentação — Medição de Temperatura

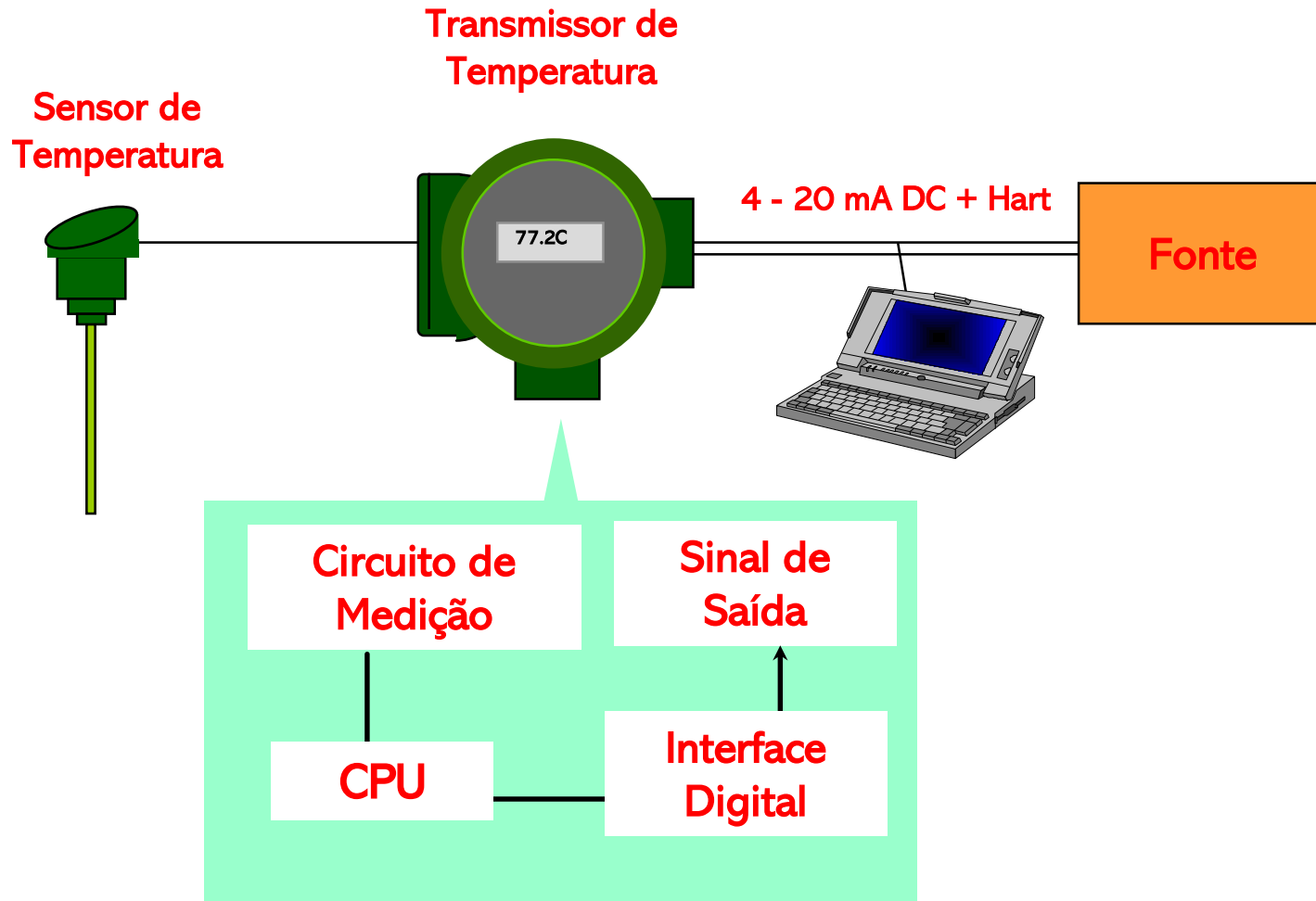
TERMOPAR - ASSOCIAÇÃO SÉRIE - OPOSTA



$$FEM = E_{T1} - E_{T2}$$

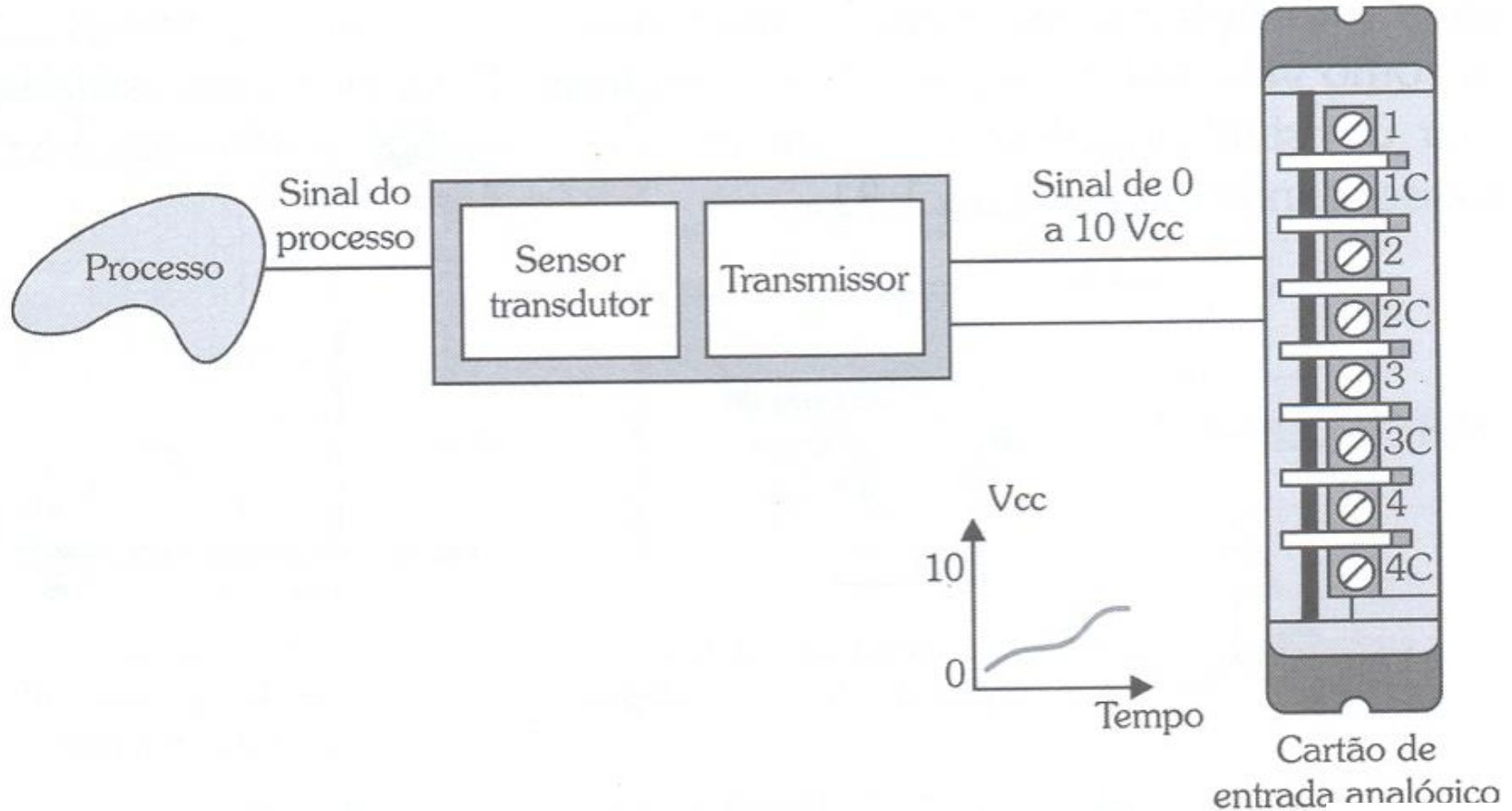
Instrumentação – Medição de Temperatura

Elementos de uma malha de medição de temperatura



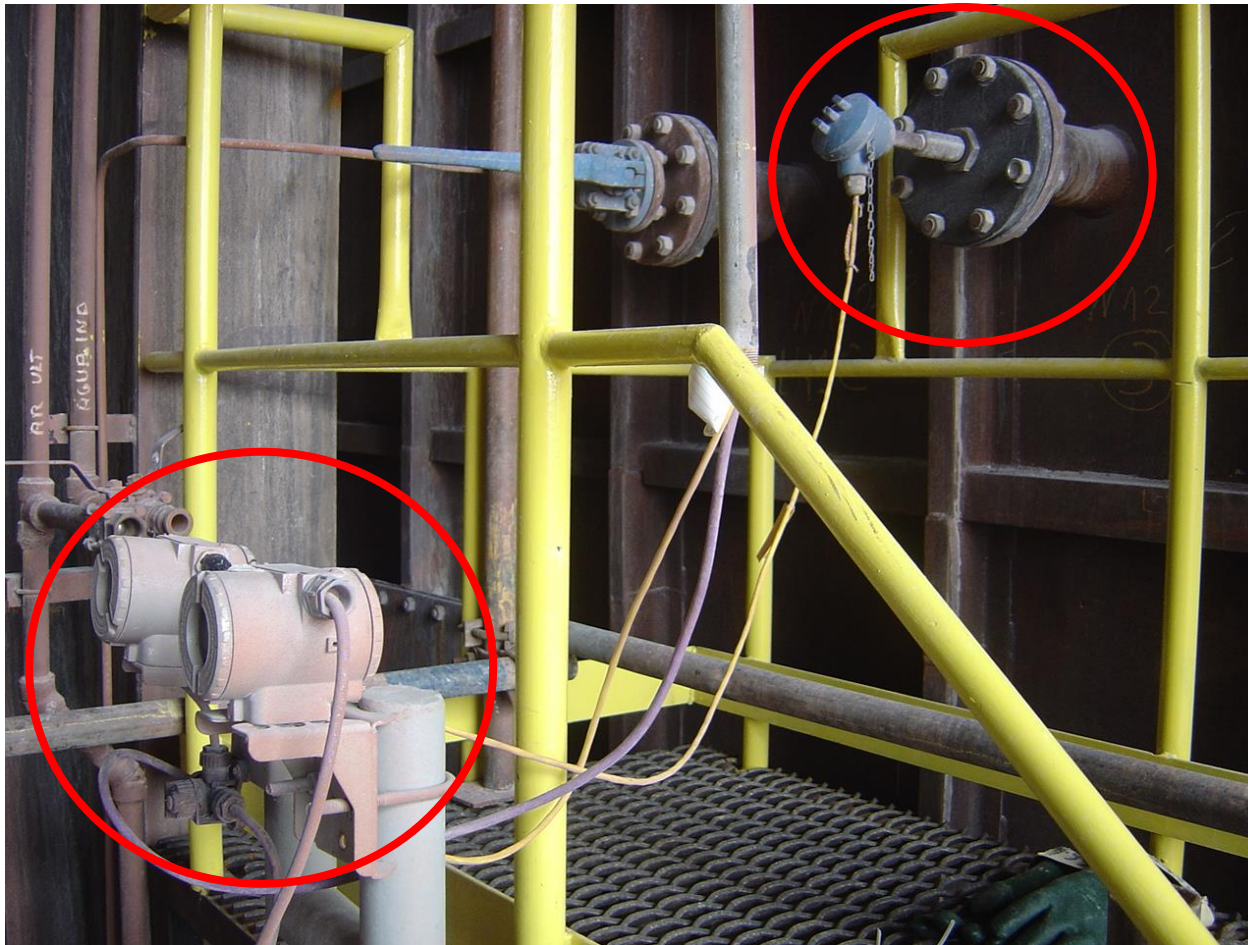
Instrumentação – Medição de Temperatura

Elementos de uma malha de medição de temperatura



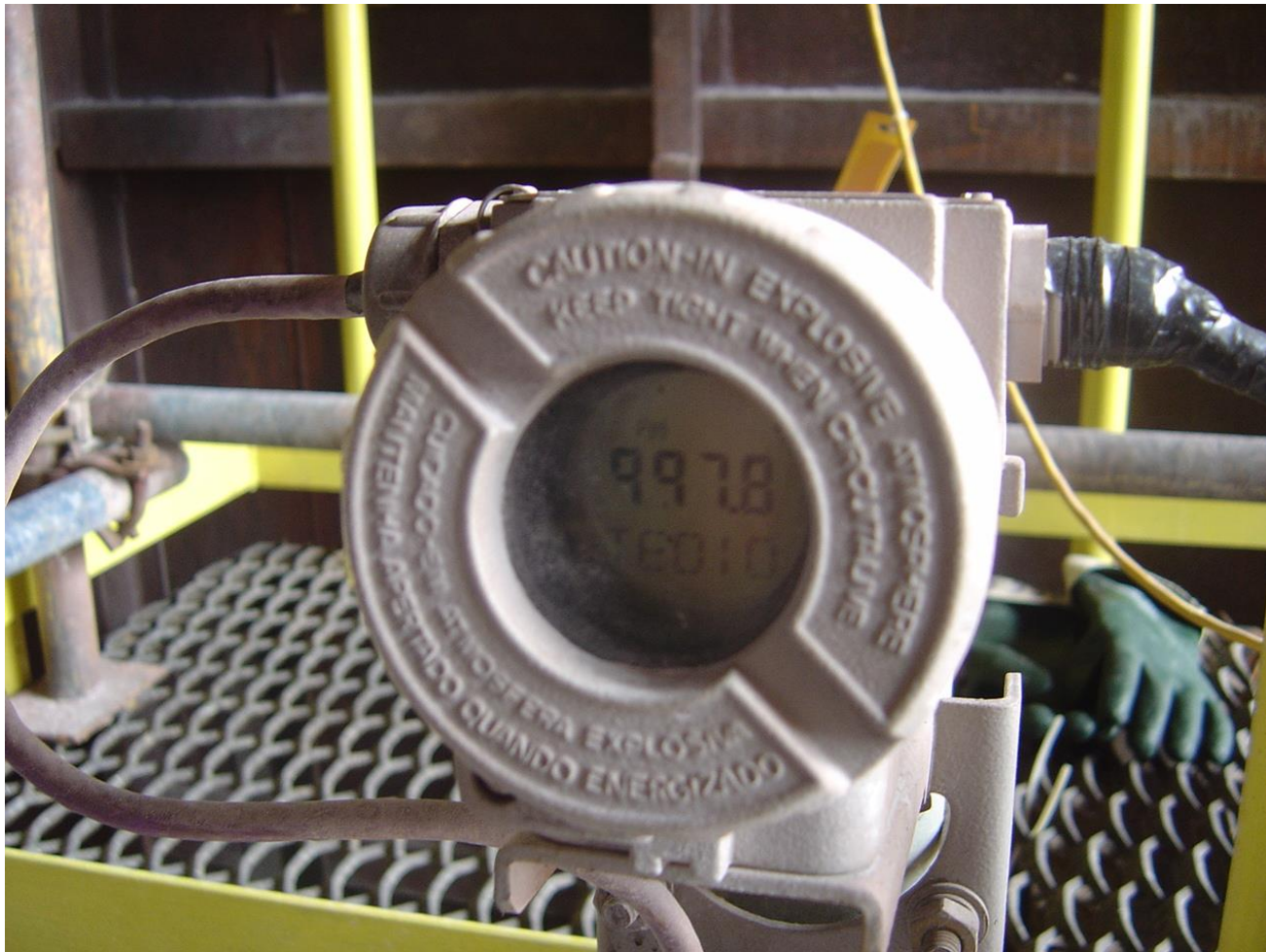
Instrumentação — Medição de Temperatura

INSTALAÇÃO DO TERMOPAR E DO TRANSMISSOR PARA A MEDIÇÃO DE TEMPERATURA NO FORNO



Instrumentação — Medição de Temperatura

INDICAÇÃO DA TEMPERATURA DO FORNO NO TRANSMISSOR

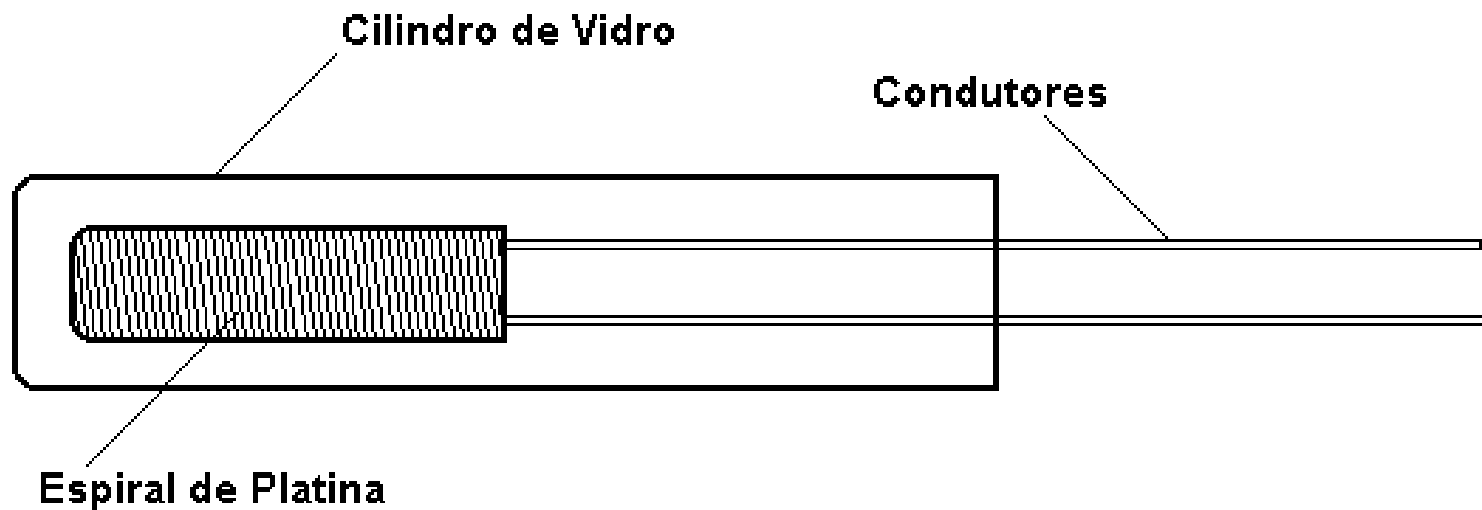


Instrumentação — Medição de Temperatura

TERMORESISTÊNCIA

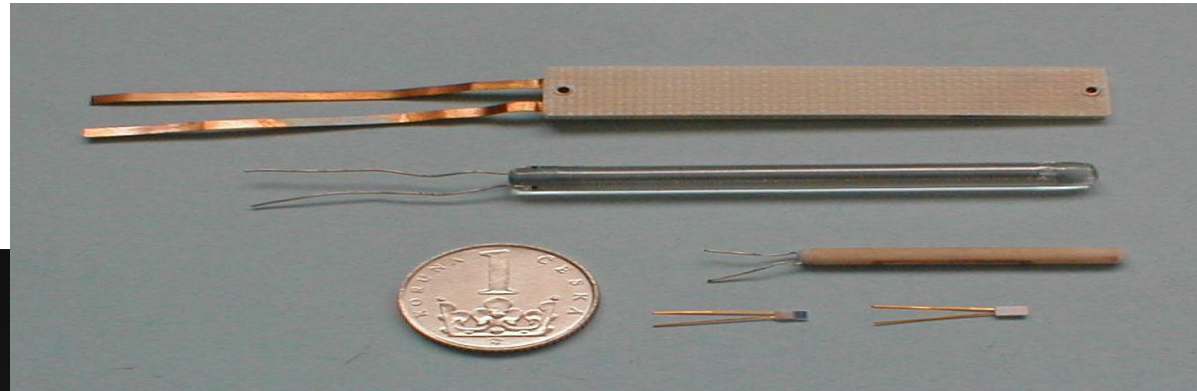
TAMBÉM CONHECIDA COMO RTD OU PT100

TRANSDUTOR QUE CONVERTE VARIAÇÕES DE TEMPERATURA EM VARIAÇÕES DE RESISTÊNCIA.



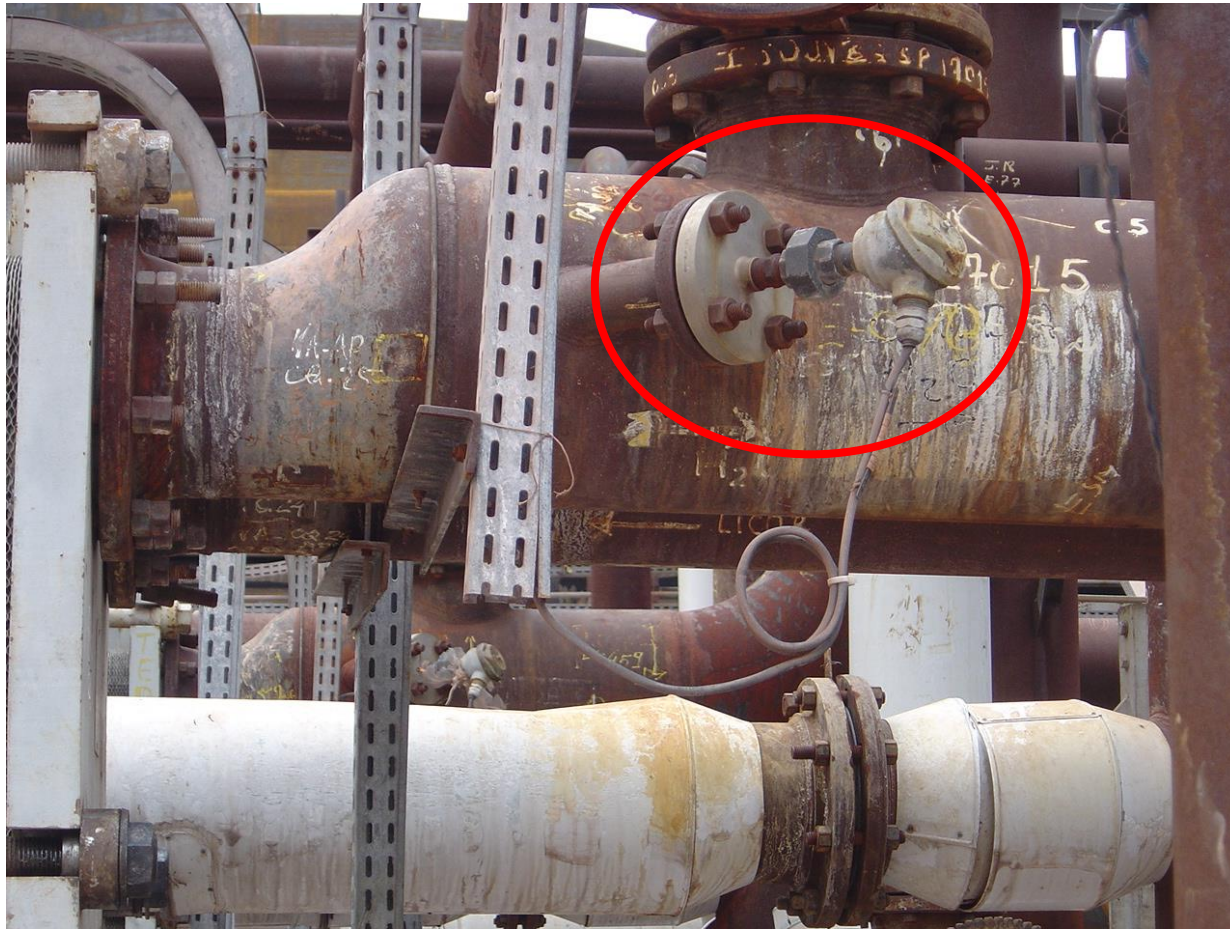
Instrumentação — Medição de Temperatura

TERMORESISTÊNCIA



Instrumentação — Medição de Temperatura

INSTALAÇÃO DE UMA PT-100 NO TROCADOR DE CALOR



Instrumentação — Medição de Temperatura

O QUE SIGNIFICA PT-100 ?

**É A TERMORESISTÊNCIA QUE A ZERO GRAUS
CELSIUS POSSUI UMA RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE
100 Ω**

Instrumentação – Medição de Temperatura

PT-100 Ω x TEMPERATURA

TABELA 2 Termoresistência Pt-100
Temperatura em Graus Celsius (ITS-90)

Resistência em ohms		$R_0 = 100,00 \Omega \text{ à } 0^\circ\text{C}$									
ITS-90 °C	-0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
RESISTÊNCIA EM OHMS											
-200	18.52										
-190	22.83	22.40	21.97	21.54	21.11	20.68	20.25	19.82	19.38	18.95	18.52
-180	27.10	26.67	26.24	25.82	25.39	24.97	24.54	24.11	23.68	23.25	22.83
-170	31.34	30.91	30.49	30.07	29.64	29.22	28.80	28.37	27.95	27.52	27.10
-160	35.54	35.12	34.70	34.28	33.86	33.44	33.02	32.60	32.18	31.76	31.34
-150	39.72	39.31	38.89	38.47	38.05	37.64	37.22	36.80	36.38	35.96	35.54
-140	43.88	43.46	43.05	42.63	42.22	41.80	41.39	40.97	40.56	40.14	39.72
-130	48.00	47.59	47.18	46.77	46.36	45.94	45.53	45.12	44.70	44.29	43.88
-120	52.11	51.70	51.29	50.88	50.47	50.06	49.65	49.24	48.83	48.42	48.00
-110	56.19	55.79	55.38	54.97	54.56	54.15	53.75	53.34	52.93	52.52	52.11
-100	60.26	59.85	59.44	59.04	58.63	58.23	57.82	57.41	57.01	56.60	56.19
-90	64.30	63.90	63.49	63.09	62.68	62.28	61.88	61.47	61.07	60.66	60.26
-80	68.33	67.92	67.52	67.12	66.72	66.31	65.91	65.51	65.11	64.70	64.30
-70	72.33	71.93	71.53	71.13	70.73	70.33	69.93	69.53	69.13	68.73	68.33
-60	76.33	75.93	75.53	75.13	74.73	74.33	73.93	73.53	73.13	72.73	72.33
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.12	76.73	76.33
-40	84.27	83.87	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70	80.31
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67	84.27
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62	88.22
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	92.16
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	96.09
ITS-90 °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	103.90
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	107.79
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29	111.67
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15	115.54
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	119.40
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.47	122.86	123.24
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69	127.08
70	127.08	127.46	127.84	128.22	128.61	128.99	129.37	129.75	130.13	130.52	130.90
80	130.90	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.57	133.95	134.33	134.71
90	134.71	135.09	135.47	135.85	136.23	136.61	136.99	137.37	137.75	138.13	138.51
100	138.51	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.78	141.16	141.54	141.91	142.29
110	142.29	142.67	143.05	143.43	143.80	144.18	144.56	144.94	145.31	145.69	146.07
120	146.07	146.44	146.82	147.20	147.57	147.95	148.33	148.70	149.08	149.46	149.83
130	149.83	150.21	150.58	150.96	151.33	151.71	152.08	152.46	152.83	153.21	153.58
140	153.58	153.96	154.33	154.71	155.08	155.46	155.83	156.20	156.58	156.95	157.33
150	157.33	157.70	158.07	158.45	158.82	159.19	159.56	159.94	160.31	160.68	161.05
160	161.05	161.43	161.80	162.17	162.54	162.91	163.29	163.66	164.03	164.40	164.77
170	164.77	165.14	165.51	165.89	166.26	166.63	167.00	167.37	167.74	168.11	168.48
180	168.48	168.85	169.22	169.59	169.96	170.33	170.70	171.07	171.43	171.80	172.17
190	172.17	172.54	172.91	173.28	173.65	174.02	174.38	174.75	175.12	175.49	175.86
200	175.86	176.22	176.59	176.96	177.33	177.69	178.06	178.43	178.79	179.16	179.53
210	179.53	179.89	180.26	180.63	180.99	181.36	181.72	182.09	182.46	182.82	183.19
220	183.19	183.55	183.92	184.28	184.65	185.01	185.38	185.74	186.11	186.47	186.84
230	186.84	187.20	187.56	187.93	188.29	188.66	189.02	189.38	189.75	190.11	190.47
240	190.47	190.84	191.20	191.56	191.92	192.29	192.65	193.01	193.37	193.74	194.10

Equação de Callendar – Van Dusen que rege o funcionamento das termoresistências

Temperaturas de -200°C a 0°C

$$R(t) = R_0 [1 + A.T + BT^2 + CT^3.(T - 100)]$$

Temperaturas de 0°C a 850°C

$$R(t) = R_0 [1 + A.T + BT^2]$$

Coefficientes:

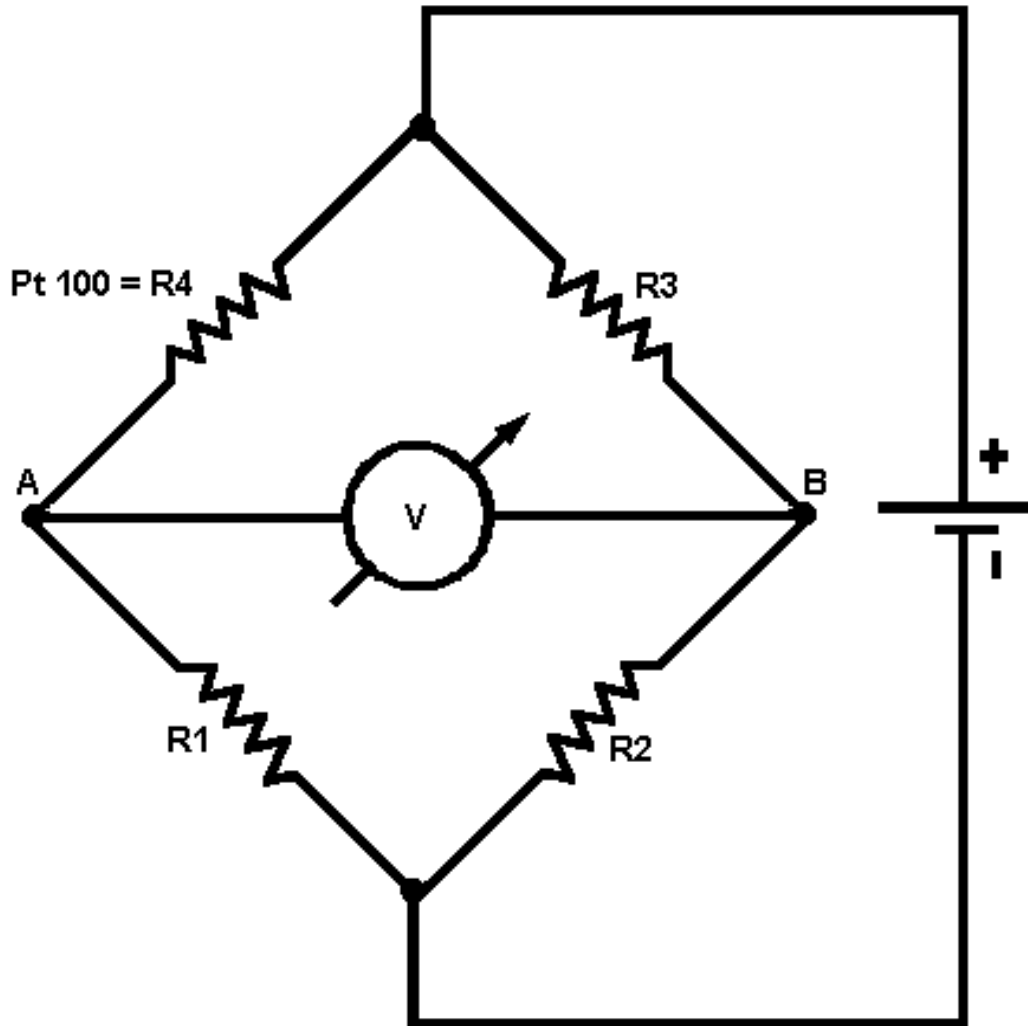
$$A = 3,902 \times 10^{-3}$$

$$B = - 5,802 \times 10^{-7}$$

$$C = - 4,2735 \times 10^{-12}$$

Instrumentação — Medição de Temperatura

PONTE DE WHEASTONE

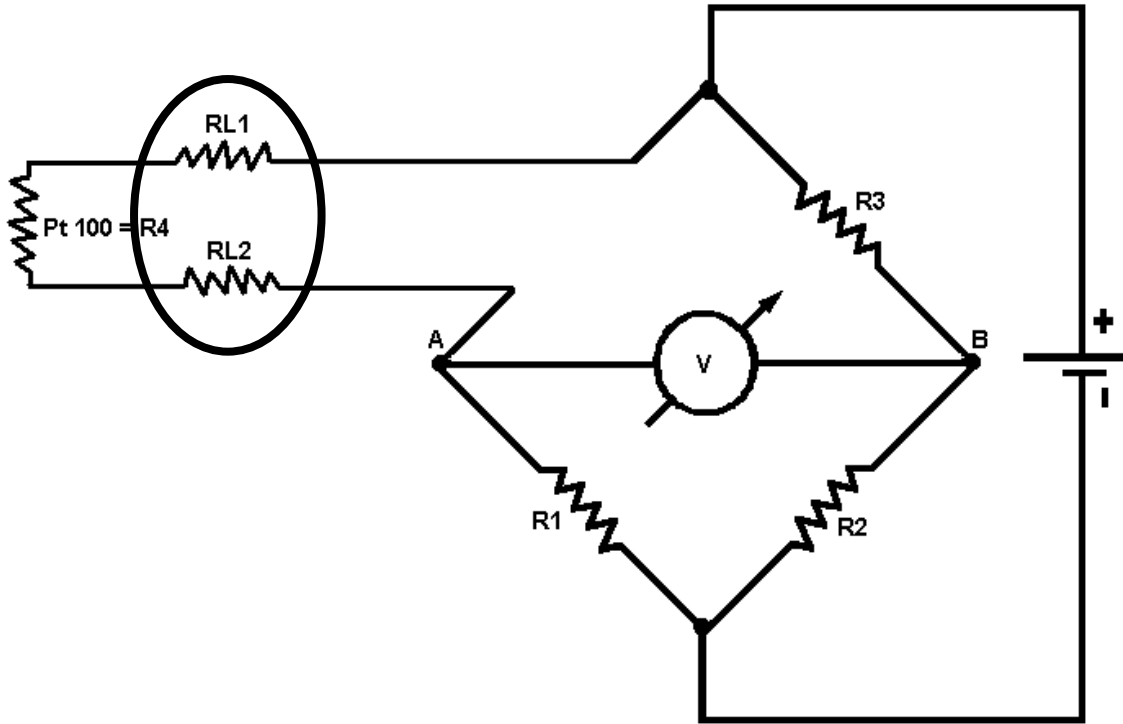


$$R2 \times R4 = R1 \times R3$$

$$PT100(R4) = \frac{R1 \times R3}{R2}$$

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMORRESISTÊNCIA - LIGAÇÃO A 2 FIOS



$$PT100(R4 + \overset{\text{ERRO}}{RL1} + RL2) = \frac{R1 \times R3}{R2}$$

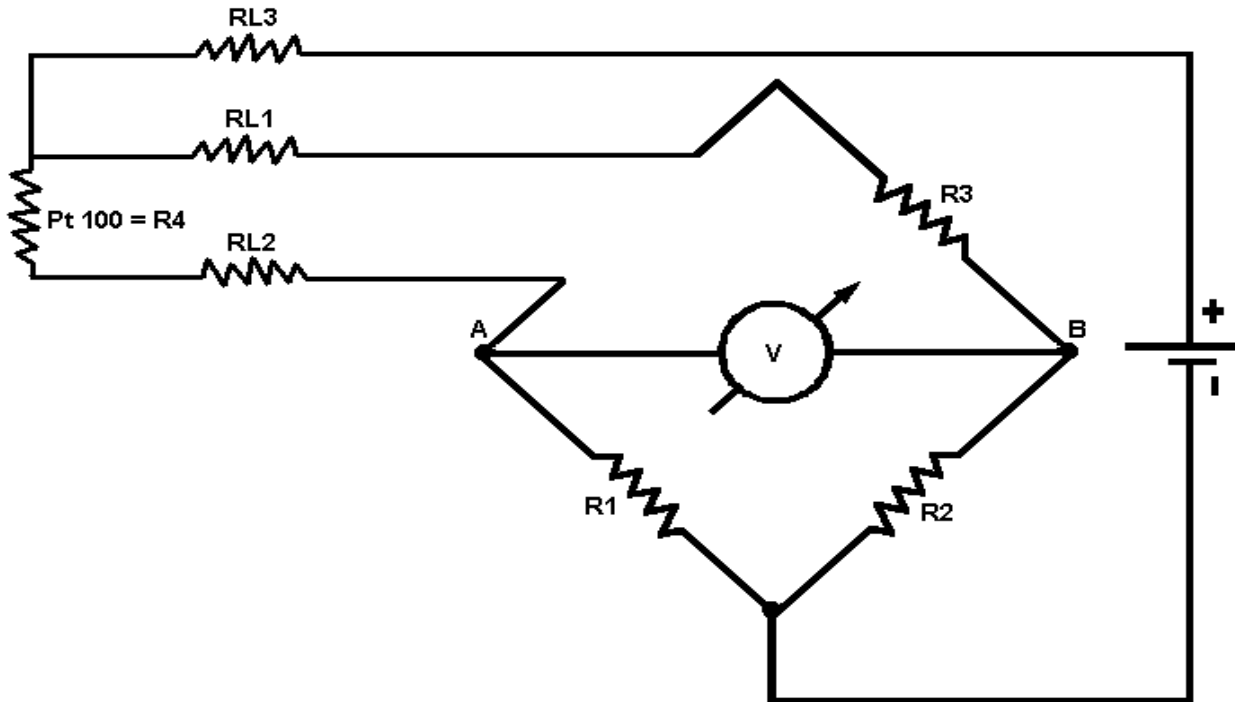
Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMORRESISTÊNCIA - LIGAÇÃO A 2 FIOS

(AWG)	DIÂMETRO (mm)	DISTÂNCIA MÁXIMA (metros)
14	1,63	18,1
16	1,29	11,4
18	1,02	7,2
20	0,81	3,0
22	0,64	1,9
24	0,51	1,8
26	0,40	1,1

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMORRESISTÊNCIA - LIGAÇÃO A 3 FIOS



$$PT100(R4 + RL2) = \frac{R1 \times (R3 + RL1)}{R2}$$

COMPENSAÇÃO

Instrumentação – Medição de Temperatura

TERMORRESISTÊNCIA - VANTAGENS

- A. POSSUI MAIOR EXATIDÃO**
- B. NÃO EXISTE LIMITAÇÃO DE DISTÂNCIA SE LIGADA A 3 FIOS.**
- C. DISPENSA FIAÇÃO ESPECIAL**
- D. SE ADEQUADAMENTE PROTEGIDA, PERMITE UTILIZAÇÃO EM QUALQUER AMBIENTE**
- E. TÊM BOA REPETITIVIDADE**
- F. EM ALGUNS CASOS SUBSTITUI O TERMOPAR COM GRANDE VANTAGEM**