

# TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTAÇÃO

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)

NBR6855/2015

E

TRANSFORMADOR DE CORRENTE (TC)

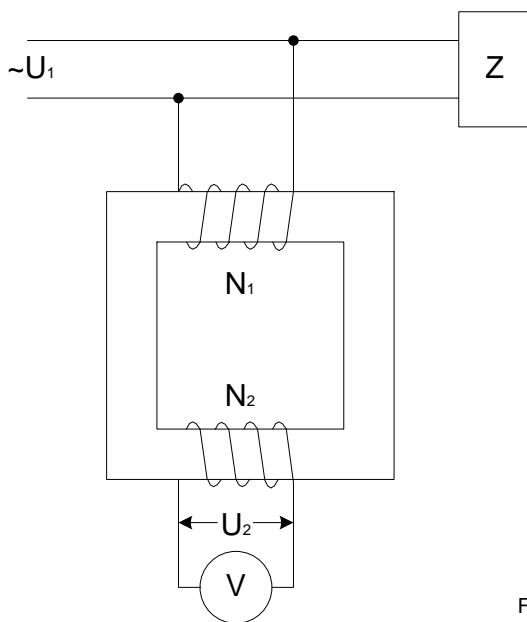
NBR6856/2015

# Transformador de Potencial - TP

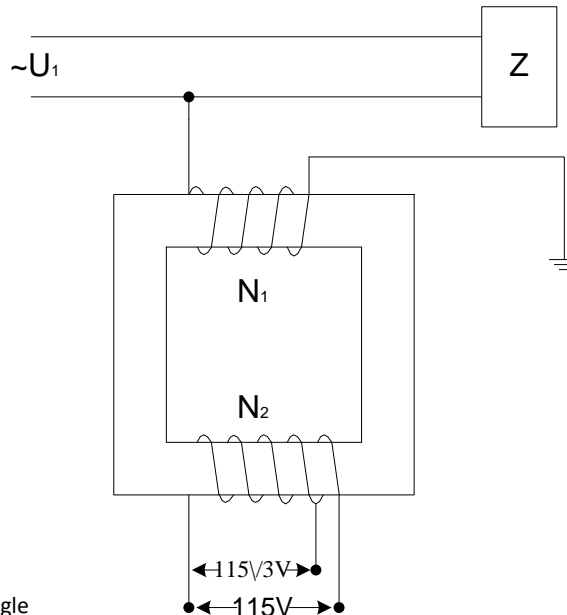
Os transformadores de potencial são equipamentos que adequam o nível de tensão (rebaixamento) de forma a permitir que os instrumentos de medição e proteção funcionem adequadamente sem que lhes seja necessário possuir tensão de acordo com o valor nominal da rede à qual serão ligados.

- INDUTIVO (NBR6855/2009)

Na sua forma mais simples, o transformador de potencial indutivo possui um enrolamento primário e um enrolamento secundário, de tal forma que a sua relação de transformação permite obter no secundário um valor padrão de tensão. Por norma os valores padrões são:  $115V$  ou  $\frac{115}{\sqrt{3}}V$  ou  $\frac{115}{3}V$  (*pouco utilizada*)



Fonte:google

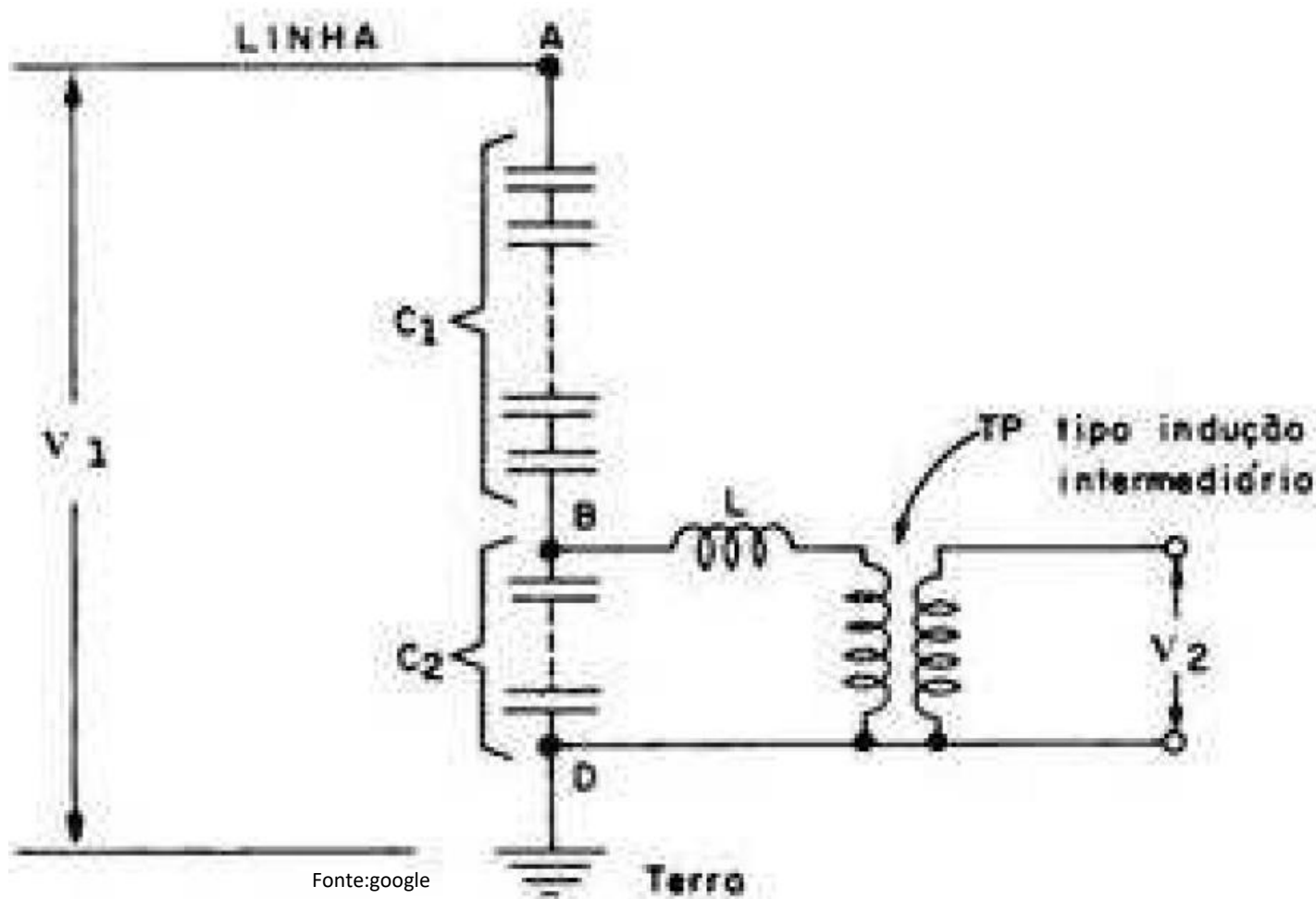


Relação de transformação  
( $K_p$ )

$$K_p = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

## - Capacitivo

Equipamentos utilizados para tensões iguais ou superiores a 138kV. São constituídos de dois conjuntos de capacitores, de tal forma que o conjunto C2 apresente tensões entre 5 e 15kV, os quais são aplicados a um TP indutivo, dito intermediário, o qual, em seu secundário, irá apresentar a tensão (115V) adequada para os instrumentos.

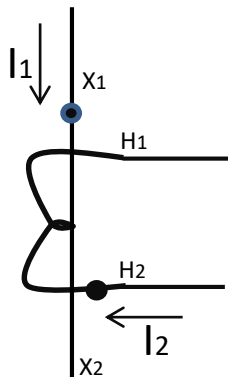
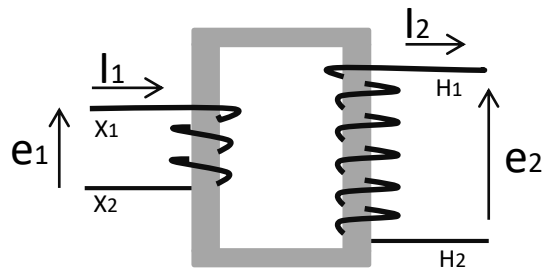


## Polaridade em TPs

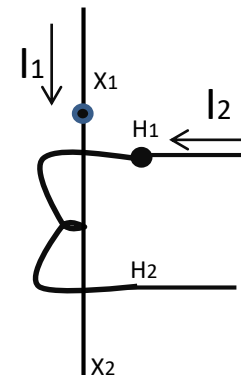
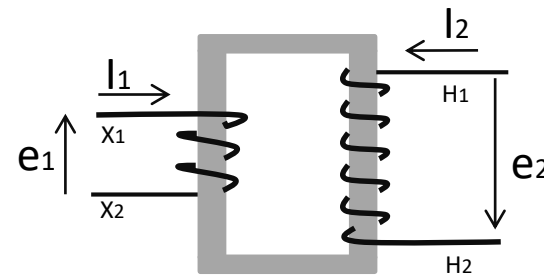
A princípio, por norma, os TPs são construídos com polaridade subtrativa, podendo, à pedido do cliente, ser construído com polaridade aditiva.

A questão de polaridade é importante quando o TP alimentar instrumentos tais como wattímetros, fasímetros, varímetros, onde a polaridade é fundamental para o correto funcionamento do equipamento.

Polarização Subtrativa



Polarização Aditiva



## Dados para Especificação de TP Indutivo (**mínimo**)

Tomando como base o item 7.5 da NBR6855/15 os requisitos mínimos a serem considerados em uma especificação de TPs, seriam:

- ❖ Tensão nominal primária e secundária;
- ❖ Relação nominal do TP;
- ❖ Grupo de ligação, Tipo de aterramento e fatores de sobretensão nominal;
- ❖ Tensão máxima, frequência e classe de isolamento;
- ❖ Carga Nominal;
- ❖ Classe de exatidão;
- ❖ Potência térmica nominal;
- ❖ Uso: interior ou exterior.
- ❖ Altitude

# Tensão Nominal e Relação Nominal

Tabela 2 — Tensões primárias e secundárias nominais

Ligação entre fases		Ligação entre fase e terra			
Tensão primária nominal V	Relação nominal	Tensão primária nominal V	Relação nominal		
			Tensão secundária nominal V		
			115/3	$115/\sqrt{3}$	115
115	1:1	-	-	-	-
230	2:1	-	-	-	-
402,5	3,5:1	-	-	-	-
460	4:1	-	-	-	-
2 300	20:1	$2\ 300/\sqrt{3}$	36:1	20:1	12:1
3 450	30:1	$3\ 450/\sqrt{3}$	52,5:1	30:1	17,5:1
4 025	35:1	$4\ 025/\sqrt{3}$	60:1	35:1	20:1
4 600	40:1	$4\ 600/\sqrt{3}$	72:1	40:1	24:1
6 900	60:1	$6\ 900/\sqrt{3}$	105:1	60:1	35:1
8 050	70:1	$8\ 050/\sqrt{3}$	120:1	70:1	40:1
11 500	100:1	$11\ 500/\sqrt{3}$	180:1	100:1	60:1
13 800	120:1	$13\ 800/\sqrt{3}$	210:1	120:1	70:1
23 000	200:1	$23\ 000/\sqrt{3}$	360:1	200:1	120:1
34 500	300:1	$34\ 500/\sqrt{3}$	525:1	300:1	175:1
46 000	400:1	$46\ 000/\sqrt{3}$	720:1	400:1	240:1
69 000	600:1	$69\ 000/\sqrt{3}$	1 050:1	600:1	350:1
		$138\ 000/\sqrt{3}$	2 100:1	1 200:1	700:1
		$230\ 000/\sqrt{3}$	3 600:1	2 000:1	1 200:1
		$345\ 000/\sqrt{3}$	-	3 000:1	1 800:1
		$440\ 000/\sqrt{3}$	-	4 000:1	2 300:1
		$500\ 000/\sqrt{3}$	-	4 500:1	2 500:1
		$525\ 000/\sqrt{3}$	-	4 500:1	2 600:1
		$765\ 000/\sqrt{3}$	-	6 600:1	3 800:1

NOTA 1 As relações nominais de TPI com tensões primárias nominais superiores a 69 kV para ligação entre fases devem ser especificadas pelo usuário.

NOTA 2 As relações nominais dos TPIs para ligação entre fases estão referidas à tensão secundária de 115 V, entretanto, as tensões de  $115/3$  e  $115/\sqrt{3}$  também são padronizadas para esses equipamentos.

NOTA 3 Os TPI serão projetados para atender as relações nominais em conformidade com sua classe de exatidão, salvo quando sejam especificadas pelo usuário as tensões primárias e secundárias nominais.

NOTA 4 Os valores de tensões secundárias nominais apresentados na tabela podem ser aproximados.

Notação adotada pela NBR6855:

- **Dois pontos(:)** é usado para representar relações nominais como por exemplo 120:1 (13800V para 115 V);
- **Hífen (-)** é usado para separar relações nominais de enrolamentos diferentes, como por exemplo 13.800V-115 V;
- **Sinal x** é usado para separar tensões primárias nominais e relações nominais de enrolamentos destinados a serem ligados em série ou paralelo, como por exemplo 6900x13800-115 ;
- **A barra (/)** é usada para separar tensões primárias nominais e relações nominais obtidas por meio de derivações, seja no enrolamento primário ou no secundário, por exemplo:  $13800/\sqrt{3}-115/115/\sqrt{3}$

## Transformador de Potencial – Subestação do CCT



Ligação  $\frac{13.800}{\sqrt{3}}V$  para 115V (70:1)

EXEMPLO 1 TPI com um enrolamento primário e um enrolamento secundário

120:1

13 800 – 115V

EXEMPLO 2 TPI com enrolamento primário e dois enrolamentos secundários com derivações:

70/120:1- 1 ou 70/120-70/120:1

$$\frac{13\ 800}{\sqrt{3}} - 115 / \frac{115}{\sqrt{3}} - 115 / \frac{115}{\sqrt{3}} \text{ V}$$

EXEMPLO 3 TPI com um enrolamento primário e um enrolamento secundário, com derivação em um deles:

60/70:1

$$\frac{11\ 500}{\sqrt{3}} / \frac{13\ 800}{\sqrt{3}} - 115\text{V}$$

EXEMPLO 4 TPI com um enrolamento primário para religação série ou paralelo em um enrolamento secundário:

60 x 120 : 1

6 900 x 13 800 – 115 V

EXEMPLO 5 TPI com um enrolamento primário com derivação e dois enrolamentos secundários, sendo um com derivação:

60/70- 60/70/100/120 :1

$$\frac{11\ 500}{\sqrt{3}} / \frac{13\ 800}{\sqrt{3}} - 115 - 115 / \frac{115}{\sqrt{3}} \text{ V}$$

EXEMPLO 6 TPI com enrolamento primário para religação série ou paralelo e dois enrolamentos secundários, sendo um com derivação:

35 x 70 – 35 /60 x 70/120:1

$$\frac{6\ 900}{\sqrt{3}} \times \frac{13\ 800}{\sqrt{3}} - 115 - 115 / \frac{115}{\sqrt{3}} \text{ V}$$

EXEMPLO 7 TPI com um enrolamento primário e dois enrolamentos secundários sendo um de tensão residual:

120 – 210:1

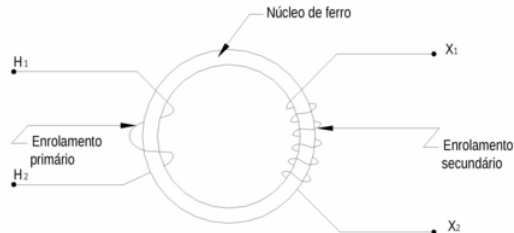
$$\frac{13.800}{\sqrt{3}} - \frac{115}{\sqrt{3}} - \frac{115}{3}$$



# Grupo de Ligação

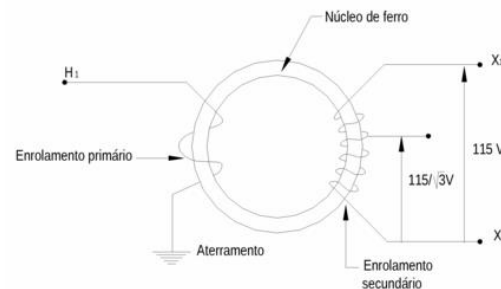
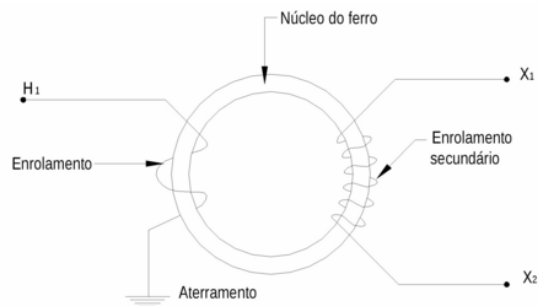
Existem 3 grupos de ligação, o que afeta a forma construtiva dos TPs:

- Grupo 1: TP projetado para ligação entre fases;



- Grupo 2: TP projetado para ligação fase e terra em sistemas eficazmente aterrados;

- Grupo 3: TP projetado para ligação fase e terra em sistema em que não se garante a eficácia do aterramento.



## Tensão Máxima, Frequência e Classe de Isolamento

Em termos de Tensão Máxima, a NBR6855, define, através da Tabela 8, um Fator de Sobretensão a ser especificado para o TP.

**Tabela 8 — Fatores de sobretensão nominal**

Grupo de ligação	Fator de sobretensão nominal	Duração	Forma de conexão do enrolamento primário e condições do sistema de aterramento
1	1,2	Contínuo	Entre fases de qualquer sistema
2	1,2 1,5	Contínuo 30 s	Entre fase e terra de um sistema com neutro eficazmente aterrado
3a	1,2	Contínuo	Entre fase e terra de um sistema de neutro não eficazmente aterrado , com remoção automática da falha
	1,9	30 s	
3b	1,2	Contínuo	Entre fase e terra de um sistema de neutro não eficazmente aterrado , sem remoção automática da falha
	1,9	Contínuo (ver NOTA 2)	

NOTA 1 Redução de tempos nominais é permissível mediante acordo entre o fabricante e usuário.

NOTA 2 Este fator de sobretensão torna-se necessário, em virtude das sobretensões que podem ocorrer em um sistema trifásico não aterrado, durante faltas de fase para a terra. Por não ser possível definir a duração de tais faltas, esta condição deve ser considerada como regime contínuo. Embora os TPI destinados sejam capazes de suportar em regime contínuo tal condição, isto não significa que eles possam ser instalados em circuitos cuja tensão nominal exceda a 120 % da tensão primária nominal.

Para a frequência, deve-se definir 50Hz ou 60Hz, ou outro valor mais específico.

Para a Classe de Isolamento, a Tabela 10 (NBR6855) trás os valores padronizados para a tensão máxima até 242kV. Para valores maiores que 362kV, consultar Tabela 11 da norma. Toma-se, como valor de  $U_m$ , o valor imediatamente superior ao valor nominal do circuito em que o TP será ligado. Exemplo: para tensão de 13,8kV →  $U_m = 15kV$

Tabela 10 — Níveis de isolamento nominal para equipamento com  $U_m \leq 242$  kV

Tensão máxima do equipamento $U_m$ kV	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 min kV	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico kV crista
0,6	4	
1,2	10	30
7,2	20	40
		60
15	34	95
		110
24,2	50	125
		150
36,2	70	150
		170
		200
72,5	140	350
92,4	185	450
145	230	550
	275	650
242	360	850
	395	950

NOTA Nos casos particulares de utilização de  $U_m = 25,8$  kV e  $U_m = 38$  kV, devem ser adotados os mesmos níveis de isolamento normalizados para as tensões  $U_m = 36,2$  kV, respectivamente.

## Carga Nominal

Para fins de determinar a classe de exatidão dos TPs, os mesmos são ensaiados com valores normalizados de carga no secundário. As tabelas 6 e 7, da norma, especificam as características das cargas padrões, observando-se um Fator de Potência diferente de 1. Para FP=1, consultar as Tabelas 4 e 5, da norma.

Tabela 6 — Características a 60 Hz e 120 V

Designação	Potência aparente VA	Fator de potência	Resistência $\Omega$	Reatância indutiva $\Omega$	Impedância $\Omega$
P25	25	0,70	403,2	411,3	576
P35	35	0,20	82,2	412,7	411
P75	75	0,85	163,2	101,1	192
P100	100	0,85	115,2	86,4	144
P200	200	0,85	61,2	37,9	72

Tabela 7 — Características a 60 Hz e 69,3 V

Designação	Potência aparente VA	Fator de potência	Resistência $\Omega$	Reatância indutiva $\Omega$	Impedância $\Omega$
P25	25	0,70	134,4	137,3	192
P35	35	0,20	27,4	134,4	137
P75	75	0,85	54,4	33,7	64
P100	100	0,85	38,1	28,6	47,6
P200	200	0,85	20,4	12,6	24

NOTA 1 As características a 60 Hz e 120 V são válidas para tensões secundárias entre 100 V e 130 V e as características a 60 Hz e 69,3 V são válidas para tensões secundárias entre 58 V e 75 V. Em tais condições, as potências aparentes são diferentes das especificadas.

NOTA 2 As cargas com fator de potência unitário são indicadas para casos em que o enrolamento será conectado a instrumentos eletrônicos. As cargas com fator de potência diferente da unidade são indicadas para os casos em que o enrolamento será conectado a instrumentos de procedimento eletromecânico ou eletromagnético.

## Classe de Exatidão

Os TPs podem ter duas aplicações: para medição ou para proteção.

Para **medição** as classe de exatidão (%) são:

0,3	Medição de energia para efeitos de faturamento
0,6 ou 1,2	Medição de energia sem fins de faturamento e medições de controle

Para **proteção** as classe de exatidão (%) são: 3,0 - 6,0

Em termos de especificação do TP, há um padrão, indicando-se a **Precisão**, seguida da letra “**P**”, e do valor da potência da maior **Carga Nominal** a ser ligada no secundário, conforme exemplos:

0,3P25    1,2P400    0,6P75    3,0P200

### Potência Térmica Nominal - $P_{term}$

A NBR6855 estabelece que a Potência Térmica Nominal é o maior valor de potência aparente que um TP pode fornecer sem compromisso com os limites de erro, sob tensão e frequência nominais, sem exceder os limites de temperatura especificados.

A Fórmula para determinar a  $P_{term}$  é: 
$$P_{term} = (FST_{cont})^2 \times P$$

$FST_{cont}$  → Fator de Sobretensão Contínuo (Tabela 8 da NBR6855)

$P$  → Maior carga nominal especificada ou cargas simultâneas

Para o caso de carga simultânea, com dois ou mais secundário, a  $P_{term}$  deve ser distribuída aos diversos secundários proporcionalmente à maior carga nominal de cada um deles.

Para finalizar uma especificação de TP, deve ser considerado ainda:

- ✓ USO: especificar se o TP será instalado **INTERNO** ou **EXTERNO**
- ✓ ALTITUDE: a princípio, a norma considera que as especificações são válidas para instalações em altitudes até **1.000m**. Para altitudes superiores, há que se consultar a NBR6855 para observar os fatores de correções a serem aplicados;
- ✓ OUTROS FATORES: para condições de temperatura, pressão, umidade, poluição especiais, há que se consultar a NBR6855 para ver as prescrições especiais a serem aplicadas.

**Importante: se o TP for utilizado na medição de energia para fins de faturamento, então, o TP deve ser exclusivo para alimentar o medidor de energia, não sendo recomendado a ligação de quaisquer outro dispositivo/instrumentos (voltímetros, relés...)**

## Exemplos de Especificação de TP

- ❖ Especificar um TP para medição de energia com finalidade de faturamento em um consumidor alimentado em 13,8kV e subestação abrigada.

Dados:

<b>Instrumentos</b>	<b>P(W)</b>	<b>Q(VAR)</b>
Medidor de kWh (bobina de Potencial)	1,4	7,6
Motor do conjunto de demanda máxima	2,1	2,4
Medidor de kVAR (bobina de potencial)	2,4	7,5
TOTAL	5,9	17,5

A Potência Aparente (S) será:  $S = \sqrt{5,9^2 + 17,5^2} = 18,47VA$

Portanto, considerando 120V no secundário, a Carga Nominal do TP deve ser 25VA, que é o valor padronizado imediatamente superior aos 18,47VA, calculado.

A especificação seria:

- ❖ Tensão nominal primária e secundária: 8,05kV/115V;
- ❖ Relação nominal do TP: 70:1 ;
- ❖ Grupo de ligação: 2 (fase/terra);
- ❖ Tipo de aterramento: eficazmente aterrado;
- ❖ Fatores de sobretensão nominal: 1,2 (contínuo) e 1,5 (30s);
- ❖ Tensão máxima: 34kV;
- ❖ Frequência: 60Hz;
- ❖ Classe de isolamento: 110kV ;
- ❖ Carga Nominal: P25;
- ❖ Classe de exatidão: 0,3 (medição para faturamento);
- ❖ Potência térmica nominal:  $P_{term} = (1,2)^2 \times 25 = 36VA$  ;
- ❖ Uso: interior (subestação abrigada).
- ❖ Altitude: 1.000m



Placa do TP para proteção instalado na subestação CCT

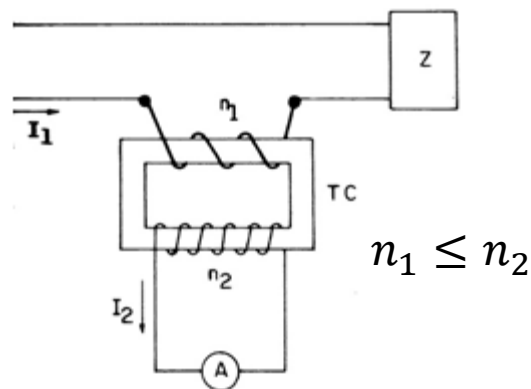
TRANSFORMADOR DE POTENCIAL		MADE IN ITALIA/USA-BRAZIL			
TIPO	VFI-15	Nº	14.1953 04	GRUPO	1
USO	INTERIOR	M. ISOL	RESIBLOC	1	60 Hz
ANO	2014	ENCOM.	PC 14/174-0	MANUAL	18466
Umáx.	15 kV	N.I.	34/110/- kV	MASSA	18 Kg
Up	13800	V	P. Term.	500	VA
Us	115	V	NORMA/ANO	NBR-6855/09	
EXATIDÃO					
0,3P75					
X1 - X2					
Fst=1,2(Cont.)xUn					

## TRANSFORMADOR DE CORRENTE - TC

Transformador de corrente é um equipamento monofásico, contendo dois enrolamentos (Primário e secundário), à semelhança de TPI, e que são utilizados para reduzir a corrente para valores baixos, normalmente 5A (1A), com as seguintes finalidades: Promover a segurança pessoal, isolar eletricamente o circuito de potência do circuito dos instrumentos e padronizar os valores de corrente de relés e instrumentos.

Ainda, construtivamente, os TCs apresentam um enrolamento do primário com poucas espiras e fiação de bitola mais elevada (suportar a condução da corrente nominal do sistema), sendo o secundário constituído com um número maior de espiras e com fiação de menor bitola, posto que a máxima corrente a circular é padronizada para 5A.

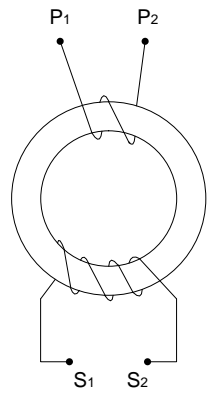
A Figura a abaixo mostra um esquema de ligação e configuração de um TC.



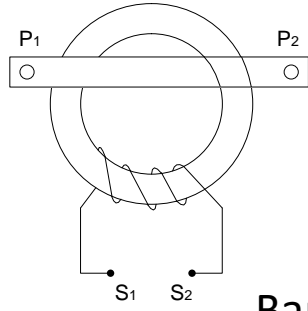
Fonte:google

Observar que para TC também há a questão de polaridade, sendo a fabricação padrão com polaridade SUBTRATIVA.

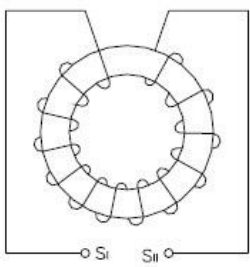
# Tipos Construtivos de TC



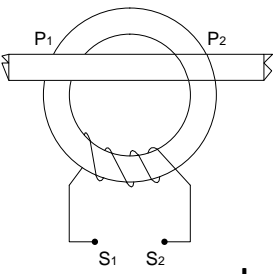
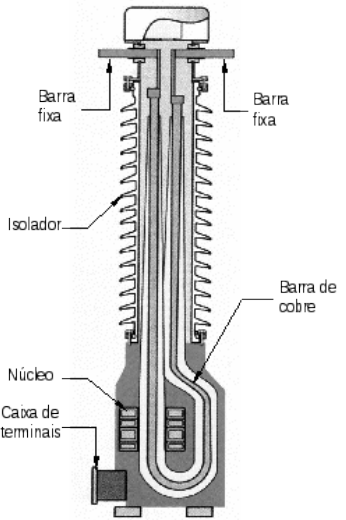
**Enrolado**



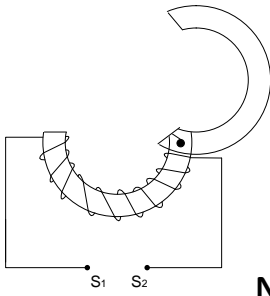
**Barramento**



**Bucha**

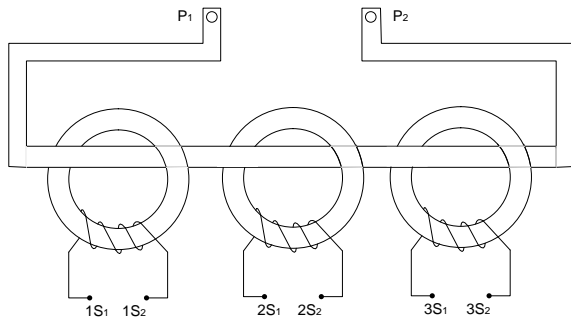


**Janela**



**Núcleo Dividido**

# TC de Vários Núcleos

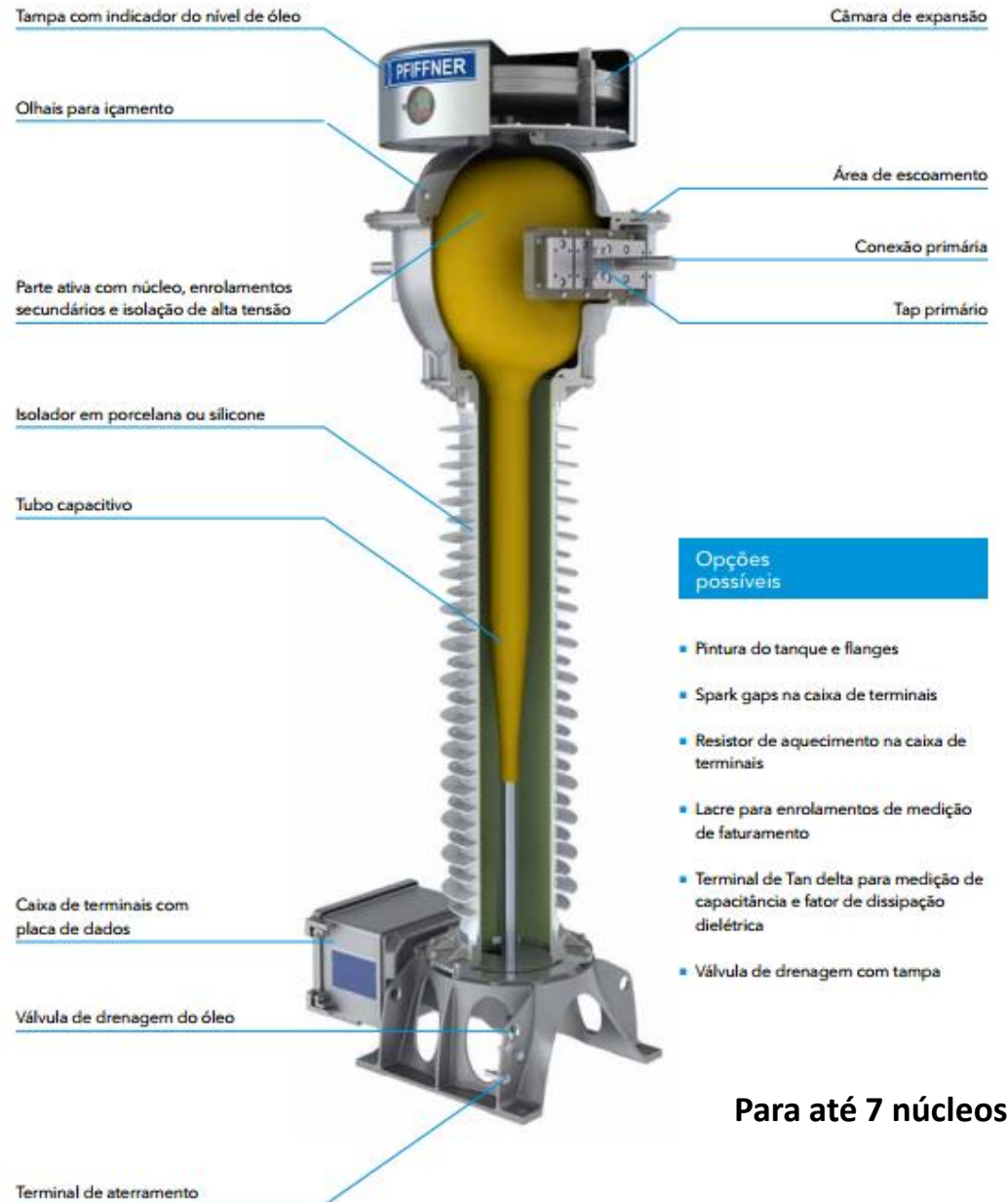


Cast resin post-type current transformers type BD are wound-type CT's with 1 to 3 cores entirely cast in synthetic resin with excellent dielectric and mechanical qualities.

The transformers may be installed in any position and are of a compact design. These current transformers have following advantages:

- high dielectric rigidity
- high short-circuit strength
- tropic-proof
- maintenance free
- small dimensions
- small phase distance
- no fire hazard

Fonte: google



Para até 7 núcleos

## Dados para Especificação de TC (**mínimo**)

Tomando como base o item 9.5 da NBR6856 os requisitos mínimos a serem considerados em uma especificação de TPs seria:

- ❖ Corrente nominal primária e secundária;
- ❖ Relação nominal do TC;
- ❖ Tensão máxima, frequência e nível de isolamento;
- ❖ Carga Nominal;
- ❖ Classe de exatidão e Fator-limite;
- ❖ Número de núcleos para medição e proteção;
- ❖ Fator térmico nominal;
- ❖ Corrente térmica nominal ( $I_t$ ) de curta duração para 1 segundo;
- ❖ Corrente dinâmica nominal ( $I_d$ );
- ❖ Temperatura;
- ❖ Aterramento;
- ❖ Instalação (uso): interior ou exterior;
- ❖ Altitude : os TC's são projetados para serem instalados a até 1.000m do nível do mar. Para altitudes acima, vide item 4.2.1 da NBR6856/2015

## - Corrente nominal primária e secundária/ Relação nominal

Sinais para representação de correntes nominais e relações nominais

Sinal	Função
:	Representar relações nominais
–	Separar correntes nominais e relações nominais de enrolamentos diferentes
X	Separar correntes nominais e relações nominais obtidas por religação em série ou em paralelo
/	Separar correntes nominais e relações nominais obtidas por derivações secundárias
//	Separar correntes nominais e relações nominais obtidas por derivações primárias

Relações nominais simples

Corrente primária nominal (A)	Relação nominal (5 A)	Relação nominal (1 A)	Corrente primária nominal (A)	Relação nominal (5 A)	Relação nominal (1 A)	Corrente primária nominal (A)	Relação nominal (5 A)	Relação nominal (1 A)
5	1:1	5:1	100	20:1	100:1	1 200	240:1	1 200:1
10	2:1	10:1	150	30:1	150:1	1 500	300:1	1 500:1
15	3:1	15:1	200	40:1	200:1	2 000	400:1	2 000:1
20	4:1	20:1	250	50:1	250:1	2 500	500:1	2 500:1
25	5:1	25:1	300	60:1	300:1	3 000	600:1	3 000:1
30	6:1	30:1	400	80:1	400:1	4 000	800:1	4 000:1
40	8:1	40:1	500	100:1	500:1	5 000	1 000:1	5 000:1
50	10:1	50:1	600	120:1	600:1	6 000	1 200:1	6 000:1
60	12:1	60:1	800	160:1	800:1	8 000	1 600:1	8 000:1
75	15:1	75:1	1 000	200:1	1 000:1	10 000	2 000:1	10 000:1

Relações nominais duplas

Corrente primária nominal A	Relação nominal 5 A	Relação nominal 1 A
5 × 10	1 × 2:1	5 × 10:1
10 × 20	2 × 4:1	10 × 20:1
15 × 30	3 × 6:1	15 × 30:1
20 × 40	4 × 8:1	20 × 40:1
25 × 50	5 × 10:1	25 × 50:1
30 × 60	6 × 12:1	30 × 60:1
50 × 100	10 × 20:1	50 × 100:1
75 × 150	15 × 30:1	75 × 150:1
100 × 200	20 × 40:1	100 × 200:1
150 × 300	30 × 60:1	150 × 300:1
200 × 400	40 × 80:1	200 × 400:1
250 × 500	50 × 100:1	250 × 50:1
300 × 600	60 × 120:1	300 × 600:1
400 × 800	80 × 160:1	400 × 800:1

Relações nominais triplas

Corrente primária nominal A	Relação nominal 5 A	Relação nominal 1 A
25 × 50 × 100	5 × 10 × 20:1	25 × 50 × 100:1
50 × 100 × 200	10 × 20 × 40:1	50 × 100 × 200:1
75 × 150 × 300	15 × 30 × 60:1	75 × 150 × 300:1
100 × 200 × 400	20 × 40 × 80:1	100 × 200 × 400:1
150 × 300 × 600	30 × 60 × 120:1	150 × 300 × 600:1
200 × 400 × 800	40 × 80 × 160:1	200 × 400 × 800:1
250 × 500 × 1 000	50 × 100 × 200:1	250 × 500 × 1 000:1
300 × 600 × 1 200	60 × 120 × 240:1	300 × 600 × 1 200:1
400 × 800 × 1 600	80 × 160 × 320:1	400 × 800 × 1 600:1
500 × 1 000 × 2 000	100 × 200 × 400:1	500 × 1 000 × 2 000:1
1 000 × 2 000 × 4 000	200 × 400 × 800:1	1 000 × 2 000 × 4 000:1

## - Tensão máxima de operação e nível de isolamento

Níveis de isolamento nominal para equipamento com  $U_m \leq 245$  kV

Tensão máxima do equipamento $U_m$ kV	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 min kV	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico kV crista
0,6	4	–
1,2	10	30
3,6	10	20
		40
7,2	20	40
		60
12	28	60
		75
15	34	95
		110
17,5	38	95
		110
24	50	125
		150
36	70	170
		200
52	95	250
72,5	140	325
		350
92,4	185	450
123	185	450
	230	550
145	230	550
	275	650
170	275	650
	325	750
245	395	950
	460	1 050

NOTA Estes valores constam na ABNT NBR 6939.

RETORNO

- Carga Nominal Padronizada

Cargas com FP=0,9 para corrente secundária nominal de 5A

Potência Aparente (VA)	Resistência (Ω)	Reatância Indutiva (Ω)	Impedância (Ω)
2,5	0,09	0,044	0,1
5,0	0,18	0,087	0,2
12,5	0,45	0,218	0,5
22,5	0,81	0,392	0,9
45,0	1,62	0,785	1,8
90,0	3,24	1,569	3,6

Cargas com FP=0,5 para corrente secundária nominal de 5A

Potência Aparente (VA)	Resistência (Ω)	Reatância Indutiva (Ω)	Impedância (Ω)
25	0,5	0,866	1,0
50	1,0	1,732	2,0
100	2,0	3,464	4,0

RETORNO

- Exatidão (%) para TC - Medição

- Medição para fins de faturamento

0,3 ----- 0,6 ----- 1,2

- Medição sem fins de faturamento

3,0

- Classe especial para serviços de medição

0,3S ----- 0,6S

Utilizados em casos onde ocorre grandes variações nas correntes primárias, tais como em instalações com cogeração e usinas termoelétricas

- Marcação de placa para TC – Medição

12,5VA 0,3

5VA 0,3S



## - Exatidão para TC - Proteção

A norma NBR6856 prevê 4 tipos construtivos de TC para proteção conforme a tabela.

Caracterização das classes de proteção

Designação	Limite para Fluxo Remanescente	Explicação
P	Não	Transformador de corrente que cumpre com os requisitos de uma corrente de curto-circuito simétrica
PR	Sim	
PX	Não	TC definido pelas especificações de suas características de magnetização
PXR	Sim	

OBS.: distinção entre classes P e PR ou PX e PXR pelo critério de fluxo remanescente

Aqui, neste trabalho, se apresentará as especificações para TC tipo P. Os demais tipos, constituem casos especiais, a serem aplicados em casos específicos, tais como em sistemas que preveem religamento automático, onde o fluxo remanescente pode levar a operações indesejadas.

As classes de exatidão(%) para TC tipo P são: 5P e 10P

Fator-limite de Exatidão padronizado: 5, 10, 15, 20 e 30

É o Fator de Sobrecorrente (FS) da CELESC, indicado FS=20.

Fator-limite de exatidão se aplica apenas a TC de proteção, sendo que, o valor multiplicado pela corrente nominal, fornece a máxima corrente para a qual se garante a exatidão do TC, sem entrar em saturação.

RETORNO

## - Fator Térmico (Ft)

Fator que se aplicado à corrente primária nominal determina a corrente primária máxima, ou corrente térmica contínua nominal, que o TC é capaz de conduzir em regime contínuo, na frequência nominal e com a maior carga especificada, sem que exceda os limite de elevação de temperatura e da classe de exatidão especificados.

Os Fatores normalizados são: 1,0 1,2 1,3 1,5 2,0

Para TC com dois ou mais núcleos, sem derivações, com relações diferentes entre si, e a mesma corrente secundária nominal, o Ft indicado é relativo à menor relação, sendo um dos valores normalizados. Para as outras relações os respectivos Fts são obtidos pela seguinte equação e podem resultar em valor menor que 1,0:

$$Ft_i = Ft_1 \times \frac{R_{n1}}{R_{ni}} \quad \text{Onde, } Ft_i \text{ é o fator térmico da } i - \text{ésima relação;}$$

$Ft_1$  é o fator térmico da **menor** relação;

$R_{n1}$  da **menor** relação;

$R_{ni}$  da  $i - \text{ésima}$  relação.

**OBS. 1:** a relação nominal de um TC é determinada pelo secundário de menor relação.

**OBS. 2:** a corrente térmica contínua nominal do TC é determinada pela multiplicação da corrente nominal do secundário de menor relação pelo seu Ft nominal.

## - Correntes de curta duração (curto-circuito)

Os TC's devem ter especificação para suportar duas correntes de curta duração, a saber:

- ❖ Corrente térmica nominal de curta duração ( $I_t$ ): valor eficaz máximo da corrente primária que o TC deverá ser capaz de suportar por determinado tempo (em geral 1s, mas, pode chegar até 5s) sem apresentar efeitos danosos. No ensaio, o secundário deverá estar curto-circuitado.
- ❖ Corrente dinâmica nominal ( $I_d$ ): valor de pico da corrente primária que o TC deve suportar sem ser elétrica ou mecanicamente danificado em virtude das forças eletromagnéticas resultantes. No ensaio, o secundário deverá estar curto-circuitado. Em geral,  $I_d = 2,5 \times I_t$ .

Segundo a NBR6856/15, o objetivo da especificação destas correntes é para garantir que o TC suporte curtos-circuitos na rede, sem que apresentem danos térmicos e/ou mecânicos.

Assim, há que se especificar  $I_t$  com um valor igual ou superior ao valor de curto-circuito simétrico trifásico na rede em que está ligado o TC. Em consulta a catálogos de fabricantes (Balteau, Isolet e Actiwatts), observa-se a utilização de uma relação com a corrente nominal ( $I_n$ ) do TC, dada por:

$$I_t = 80 \times I_n$$

## - Temperatura

Em termos de especificação de limite de temperatura, a NBR6856/15 apresenta uma tabela relacionando o tipo de TC e a classe de temperatura.

Limites de elevação de temperatura

Tipo de TC	Classe de temperatura	Limites de elevação de temperatura <sup>a</sup>				
		Dos enrolamentos		Do líquido isolante °C	Partes metálicas	
		Método da variação da resistência °C	Método do ponto mais quente °C		Em contato com a isolamento ou adjacente à mesma	Outras partes
Com isolamento líquida e conservador ou gás inerte sobre líquido isolante	A (105 °C)	55	65	55 <sup>b</sup>	Não podem atingir temperatura superior a máxima especificada para o ponto mais quente da isolamento adjacente	Não podem atingir temperatura excessiva que possa prejudicar a isolamento
Com isolamento líquida e sem conservador ou gás inerte sobre o líquido isolante	A (105 °C)	55	65	50 <sup>c</sup>		
Com isolamento sólida	A (105 °C) E (120 °C) B (130 °C) F (155 °C) H (180 °C)	55 70 80 105 130	65 80 90 115 140	– – – – –		

<sup>a</sup> Os TC de uma classe de temperatura especificada podem usar, na sua isolamento, combinações de materiais classe "A" a "H" (105 °C a 180 °C), desde que tais combinações sejam usadas em locais do TC não sujeitos a elevações de temperatura superiores às permitidas para o material de classe mais baixa da combinação

<sup>b</sup> Medida próxima à parte superior do tanque.

<sup>c</sup> Medida próxima à superfície.

- Marcação de placa para TC – Proteção

25VA 5P15

TC com carga secundária de 25VA, atendendo classe de exatidão de 5%, com fator-limite de exatidão de 15 vezes a corrente nominal

- Aterramento

A NBR6856/15 apresenta os seguintes sistemas de aterramento:

**sistema com neutro aterrado por meio de impedância**

sistema no qual um ou mais pontos neutros são aterrados por meio de impedâncias para limitar correntes de falta à terra

**sistema com neutro eficazmente aterrado**

sistema no qual o neutro é ligado solidamente à terra ou por meio de uma resistência ou reatância de valor suficientemente baixo para reduzir oscilações transitórias e proporcionar uma corrente suficiente para proteção seletiva de falta à terra. Um sistema trifásico com neutro eficazmente aterrado em uma determinada localização é um sistema caracterizado neste ponto por um fator de falta à terra menor que 1,4

NOTA Esta condição é obtida aproximadamente quando, para todas as configurações do sistema, a relação de reatância de sequência zero para a reatância de sequência positiva é menor que três e a relação de resistência de sequência zero para a reatância de sequência positiva é  $< 1$ .

**sistema com neutro isolado**

sistema onde o ponto neutro não é intencionalmente conectado à terra

**sistema com neutro ressonante**

sistema no qual um ou mais pontos neutros são ligados à terra por reatâncias que compensam aproximadamente a componente capacitiva da corrente de falta fase-terra

NOTA Com aterramento ressonante de um sistema, a corrente residual na falta é limitada a um valor tal que o arco no ar, decorrente da falta, é normalmente autoextinguível.

**sistema com neutro solidamente aterrado**

sistema no qual um ou mais pontos neutros são aterrados diretamente

EXEMPLO 1: Especificar TC para medição para fins de faturamento, em média tensão(13,8k/380V), para uma subestação de 750KVA com demanda de 580KVA/0,92at. Posto de medição à 12m do TC, interligado por cabo de 2,5mm<sup>2</sup>. O medidor utilizado: **Medidor Eletrônico ELO2123**

$$\text{Corrente do trafo: } I_{tr} = \frac{750}{\sqrt{3} \times 13,8} = 31,4\text{A}$$

$$\text{Corrente de demanda: } I_N = \frac{580}{\sqrt{3} \times 13,8} = 24,3\text{A}$$

❖ Corrente Nominal Primária ( $I_{TCp}$ ) e Secundária ( $I_{TCs}$ ): **Para  $I_N=24,3\text{A} \rightarrow I_{TCp}=25\text{A}$  e  $I_{TCs}=5\text{A}$**

❖ Relação Nominal do TC: 5:1

❖ Tensão Máxima e Nível de Isolamento: **P/ tensão nominal de 13,8kV**

Níveis de isolamento nominal para equipamento com  $U_m \leq 245$  kV

Tensão máxima do equipamento $U_m$ kV	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 min kV	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico kV crista
15	34	95
		<b>110</b>

**FREQUÊNCIA: 60Hz**

## ❖ Carga Nominal:

### **Medidor Eletrônico ELO2123**

#### Características Elétricas

- Frequência nominal: 60Hz
- Corrente de partida (ou mínima): 0,4% In
- Consumo máximo:  
120 VCA: 3 W, 15 Va por elemento  
240 VCA: 3 W, 15 VA por elemento

Cabo de 2,5mm<sup>2</sup> apresenta uma resistência de 7,41Ω/km (Temperatura de 20°C), para uma distância de 2x12m, para uma corrente  $I_{Tcs} = 5A$ , tem-se:

$$Q_{Md} = \sqrt{S_{Md}^2 - P_{Md}^2}$$

$$Q_{Md} = \sqrt{15^2 - 3^2} = 14,7VA_r$$

$$P_{cb} = Rxi^2 = 2 \times 0,012 \times 7,41 \times 5^2 = 4,4W$$

A Potência Ativa Total será:  $P_T = P_{Md} + P_{cb} = 3 + 4,4 = 7,4W$

A Potência Reativa Total será:  $Q_T = Q_{Md} + Q_{cb} = 14,7 + 0,0 = 14,7VA_r$

A Potência Aparente Total será:  $S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{7,4^2 + 14,7^2} = 16,5VA$

Cargas com FP=0,5 para corrente secundária nominal de 5A

Potência Aparente (VA)	Resistência (Ω)	Reatância Indutiva (Ω)	Impedância (Ω)
25	0,5	0,866	1,0

A Carga Nominal do TC, será:

❖ Classe de Exatidão:

Como se está especificando um TC para medição para fins de faturamento, há que se definir um dentre os valores disponíveis:

0,3 ----- 0,6 ----- 1,2

❖ Número de Núcleos: 1 para medição

❖ Fator Térmico:

Há que se escolher dentre os valores disponíveis: 1,0 1,2 1,3 1,5 2,0

❖ Corrente Térmica Nominal ( $I_t$ ) e Corrente Dinâmica Nominal ( $I_d$ ):

$$I_t = 80 \times I_n \Rightarrow I_n = 25A \Rightarrow I_t = 2,0kA \quad I_d = 2,5 \times I_t \Rightarrow I_d = 5,0kA$$

❖ Temperatura:

Considerando o TC com isolamento sólida, então se faz a opção por: **Classe A (105°C)**

❖ Aterramento:

Instalação com sistema TN, portanto, com **NEUTRO SOLIDAMENTE ATERRADO**

❖ Uso: **INTERIOR** (instalado no interior da subestação abrigada)

❖ Altitude: **Menor que 1.000m** (instalado na cidade de Joinville/SC)



EXEMPLO 2: Especificar TC para fins de proteção, em média tensão(13,8k/380V), para uma subestação de 750KVA com demanda de 580KVA/0,92at.  $I_{cc3\phi\text{simét}}=565A$   
Sistema Relé/disjuntor integrado. O relé utilizado: **SEPAM 10**

Com o sistema integrado relé/disjuntor, não há considerações sobre a impedância do cabo de interligação do secundário do TC para o relé. Portanto, neste caso, se considera apenas as características do relé, conforme tabela abaixo:

### Relé de Proteção Sepam 10

Entradas de corrente para transformador de corrente (TC de fase ou TC de terra)

Características	Valores
Impedância de entrada	$< 0,004 \Omega$
Consumo	$< 0,004 VA$ a 1 A <b><math>&lt; 0,1 VA</math> a 5 A</b>
Resistência térmica permanente	$4 I_n$
Sobrecarga em conformidade com IEC 60255-6	$100 I_n$ a 1 s
	$40 I_n$ a 3 s



<http://www.sieletric.com.br/>

Para efeitos de cálculo, se irá assumir que, no limite, o consumo seria 0,1VA para 5A.

Ainda, em termos de especificação de TC, para aplicação em proteção, os itens que se diferem para a aplicação de medição, são: EXATIDÃO E FATOR LIMITE DE EXATIDÃO

Em virtude do baixo consumo, se dará uma atenção à CARGA NOMINAL, também.

Para o trafo de 750kVA, se tem:

$$\text{Corrente do trafo: } I_{tr} = \frac{750}{\sqrt{3} \times 13,8} = 31,4\text{A}$$

❖ Corrente Nominal Primária ( $I_{TCp}$ ) e Secundária ( $I_{TCs}$ ): Para  $I_N = 31,4\text{A} \rightarrow I_{TCp} = 40\text{A}$  e  $I_{TCs} = 5\text{A}$

❖ Relação Nominal do TC: 8:1

❖ Tensão Máxima e Nível de Isolamento: P/ tensão nominal de 13,8kV

Níveis de isolamento nominal para equipamento com  $U_m \leq 245$  kV

Tensão máxima do equipamento $U_m$ kV	Tensão suportável nominal à frequência industrial durante 1 min kV	Tensão suportável nominal de impulso atmosférico kV crista
15	34	95
		110

**FREQUÊNCIA: 60Hz**

❖ Carga Nominal

Considerando o consumo das cargas ligadas ao secundário do TC, pode-se definir a Carga Nominal a ser especificada, dentre as cargas nominais padronizadas.

Para o caso em questão, se considerará o consumo do relé ligado ao secundário como sendo 0,1VA e 5A. Portanto, a especificação será: **2,5VA**

## ❖ Exatidão

Para TC para proteção, há que se escolher o tipo de TC e a classes de exatidão.

Portanto, considerando o que especifica a norma e que usualmente se observa na prática, se terá a seguinte classe de exatidão, para TC tipo P: **10P**

## ❖ Fator-Limite de Exatidão

Há alguns fatores padrão permitidos pela norma.

Para este exemplo, se especificará um valor usual: **20** Limite imposto pela CELESC

$$\text{Assim, } I_{NTC} \geq I_{cs}/FS \Rightarrow I_{NTC} \geq 565/20 \geq 28,3A$$

Se está especificando um TC com corrente primária de **40A**

Em termos de valores de placas, se teria: **2,5VA 10P 20**

## ❖ Número de Núcleos: 1 para medição

## ❖ Fator Térmico:

Há que se escolher dentre os valores disponíveis: 1,0 1,2 1,3 **1,5** 2,0

## ❖ Corrente Térmica Nominal ( $I_t$ ) e Corrente Dinâmica Nominal ( $I_d$ ):

$$I_t = 80 \times I_n \Rightarrow I_n = 40A \Rightarrow I_t = 3,2kA \quad I_d = 2,5 \times I_t \Rightarrow I_t = 8,0kA$$

*Se utilizou a corrente de curto fornecida pela concessionária, posto que o valor é no ponto de conexão, o que não deve diferir, substancialmente, da corrente no ponto de instalação do TC, pois, se teria apenas a impedância do cabo do ramal de ligação, o que levaria a um valor pouco inferior ao fornecido pela concessionária.*

❖ Temperatura:

Considerando o TC com isolamento sólida, então se faz a opção por: **Classe A (105°C)**

❖ Aterramento:

Instalação com sistema TN, portanto, com **NEUTRO SOLIDAMENTE ATERRADO**

❖ Uso: **INTERIOR** (instalado no interior da subestação abrigada)

❖ Altitude: **Menor que 1.000m** (instalado na cidade de Joinville/SC)

Placa do TC para proteção instalado na subestação CCT



# TRANSFORMADOR DE CORRENTE

MADE IN ITAJUBÁ-BRAZIL



TIPO **KIC-12** Nº **14.0399 02** ANO **2014**  
USO **INTERIOR** M.ISOL. **RESIBLOC** CLASSE TEMP. **E** f **60 Hz**  
U.máx. **15 kV** N.I. **34/110/-kV** ENCOM. **PC 14/23-0**  
**Ip** **100** **A** MASSA **15 Kg**  
**Is** **5 A** NORMA/ANO **NBR-6856/92** F.t. **1,2 xln**  
**It** **80xln** ef1s **Id** **200xln** cr **MANUAL** **18468**

EXATIDÃO

10B100

S1 - S2

Exatidão (%) =>10

B => TC de Baixa Impedância

100 => Potência do Secundário

Placa do TC para medição instalado na subestação CCT - Substituído

