



**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Centro Tecnológico**  
**Departamento de Engenharia Elétrica**  
**Prof. Hélio Marcos André Antunes**

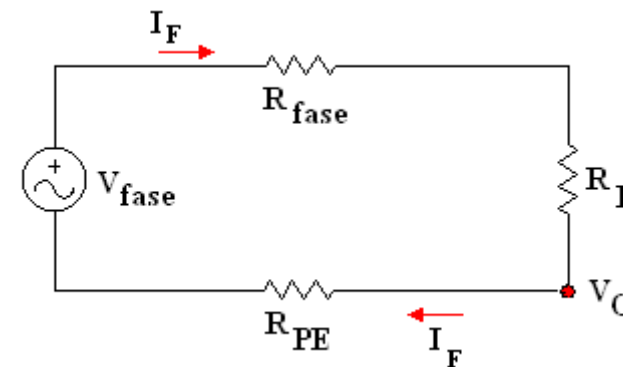
# **Unidade 7: Noções de Aterramento Elétrico – Aula 15**

Instalações Elétricas I  
Engenharia Elétrica

# Sistema TN-S

- Para uma falta não-direta ( $R_F \neq 0$ ), a resistência de falta pode assumir valores elevados, fazendo com que o DTM não atue por curto-circuito.
- Para uma falta com  $R_F \gg R_{PE}$  com  $V_C = V_F$  ( $V_R = 0$ ), teríamos uma tensão de contato:

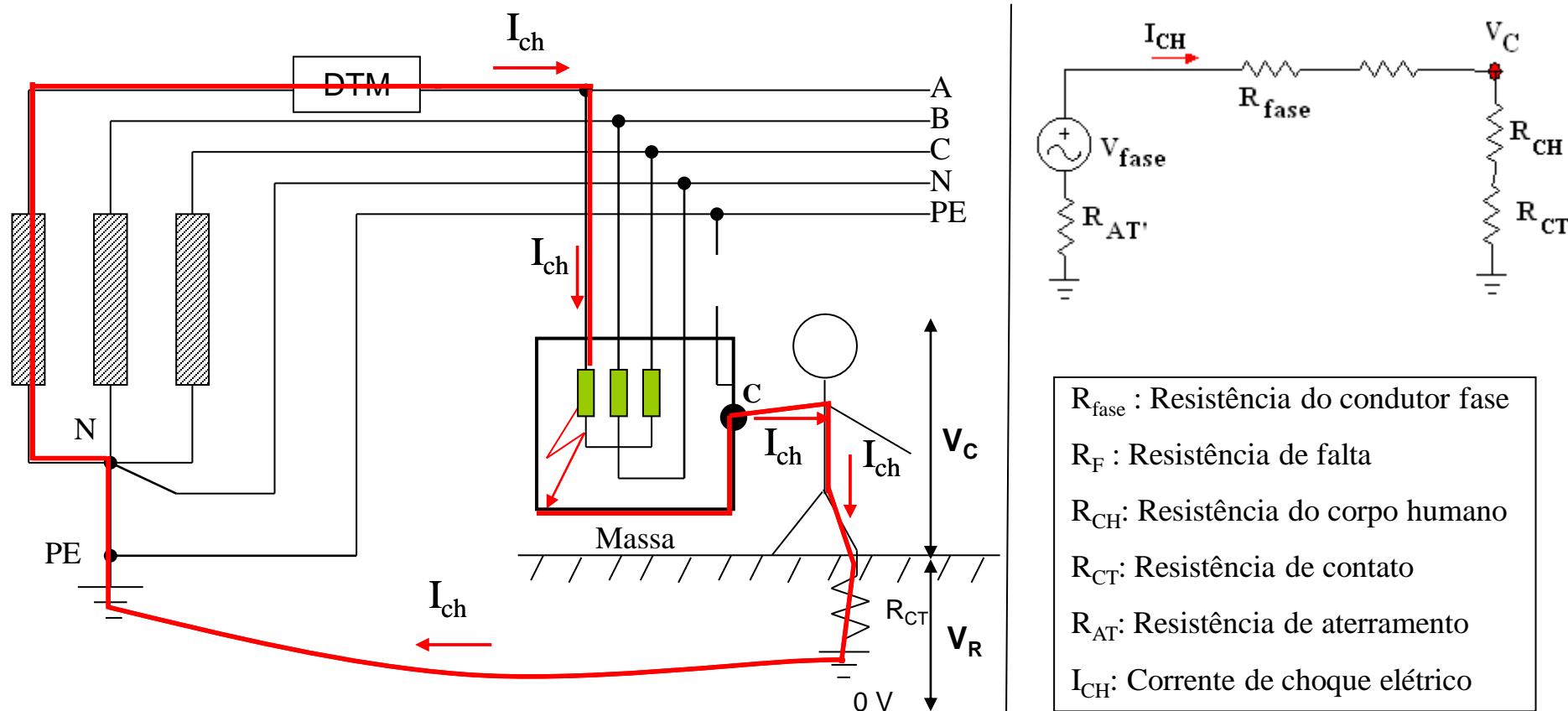
$$I_F = \frac{V_{fase}}{R_{fase} + R_F + R_{PE}} \quad V_C = \frac{R_{PE}}{R_{PE} + R_F + R_{fase}} V_{fase}$$



- $I_F$  não seria muito elevada, logo  $V_C \sim 0$ .
- Logo a pessoa não sofreria um choque elétrico e o DTM não atuaria.
- Conclusão: O esquema TN-S é eficaz na proteção contra o choque elétrico!

# Sistema TN-S

- O que ocorreria se a pessoa tocasse a massa energizada, sem o condutor PE?



$$I_{CH} = \frac{V_{fase}}{R_{fase} + R_F + R_{CH} + R_{CT} + R_{AT}} \quad \text{e} \quad V_C = R_{CH} * I_{CH}$$

Essa corrente é letal?  
O DTM atua ?

# Sistema TN-S

## Exemplo 5.3)

Em um sistema TN-S tem-se um DTM 25 A (Classe C) no circuito terminal de uma geladeira. Considere que a massa não está conectada ao condutor PE e ocorra uma falha na isolação. Calcule  $I_F$  e analise os efeitos para o ser humano ao tocar essa massa energizada. Adote  $R_F=0$  (falta franca),  $R_{PE}=R_{fase}=0,1774 \Omega$  (condutor de  $2,5 \text{ mm}^2$ ,  $|Z|=8,87 \Omega/\text{Km}$ ,  $L=20 \text{ m}$ ),  $R_{ch}=1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{CT}=1,5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{AT}=10 \Omega$  e  $V_{fase-terra}=127 \text{ V}$ .

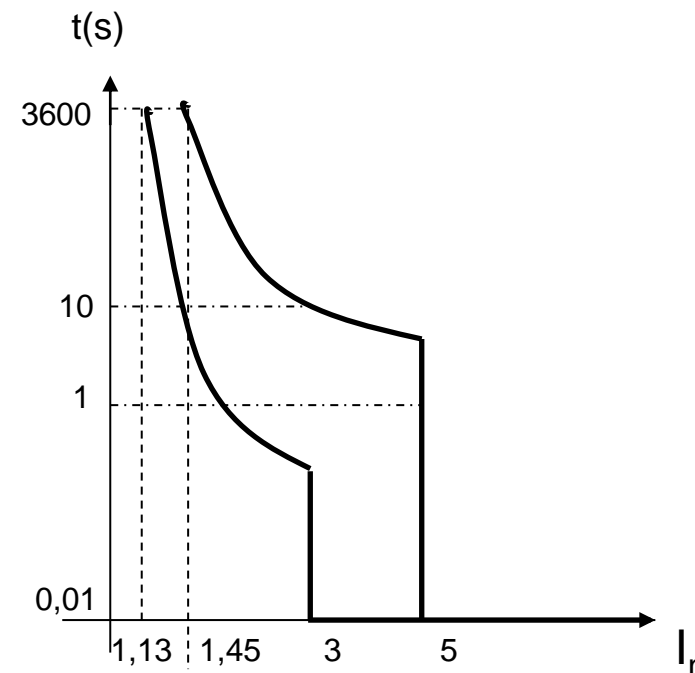
$$I_F = \frac{127}{0,1774 + 0,1774 + 10 + 1,5k + 1k} = 50,59 \text{ mA}$$

$$V_c = R_{ch} I_F = 50,59 \text{ V}$$

$$\frac{I_F}{I_n} = 2,02 \text{ m}$$

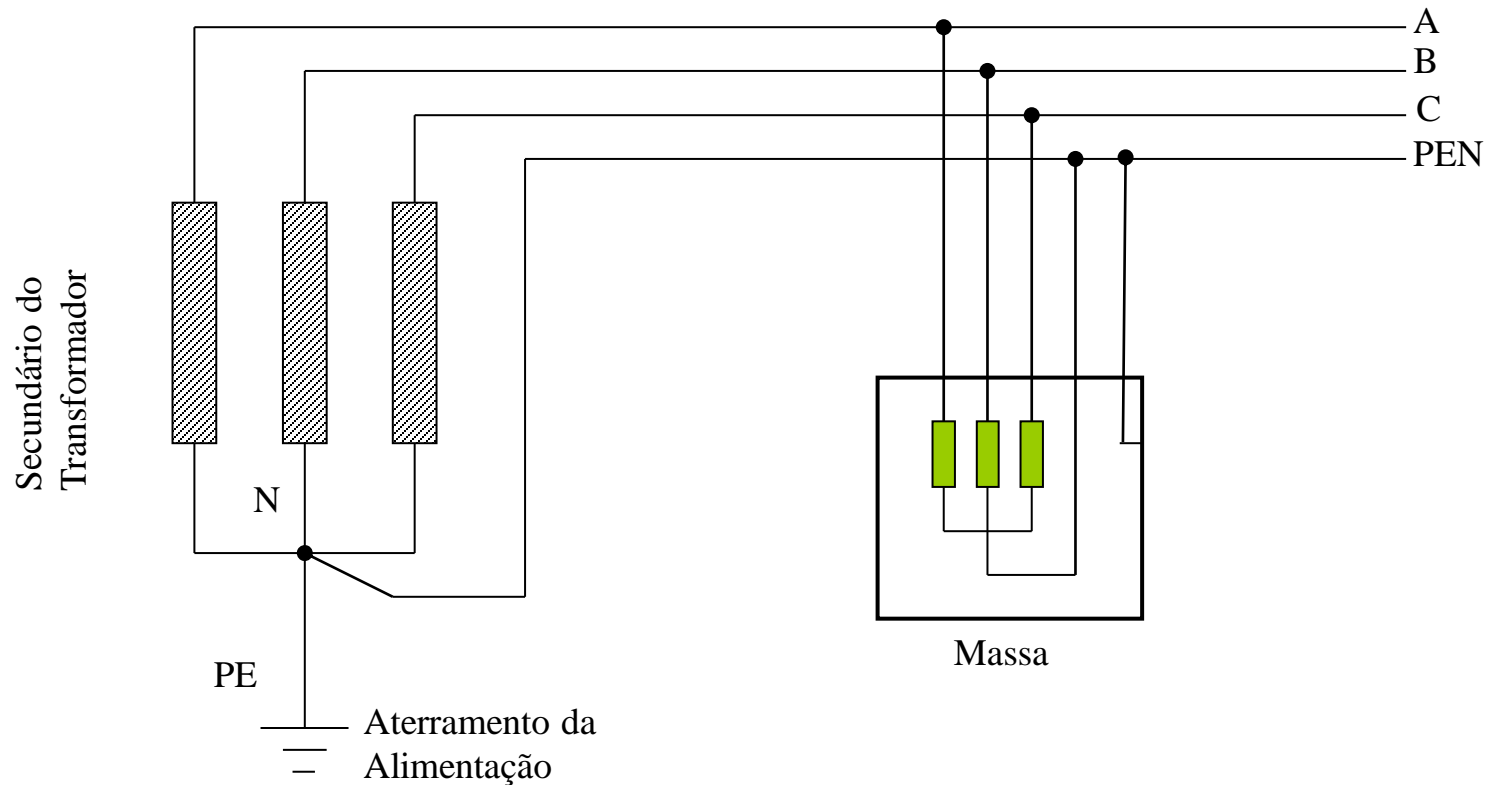
O DTM não atuaria e a pessoa estaria sujeita a efeitos graves, como definido pela Norma IEC:

[Norma IEC - Efeitos fisiológicos da corrente](#)



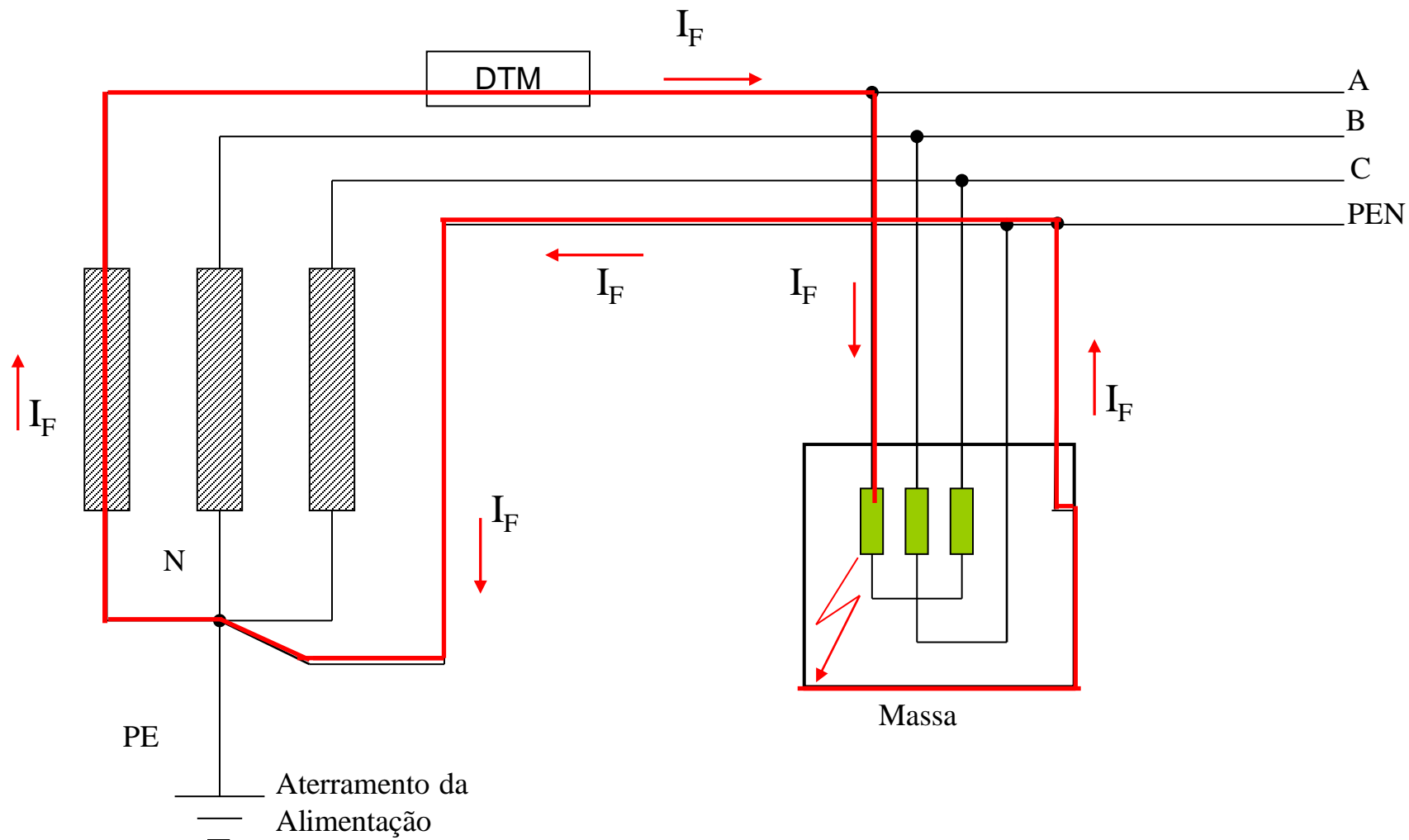
# Sistema TN-C

- Segundo sistema TN:
  - TN-C: as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor ao longo de todo o sistema (C).



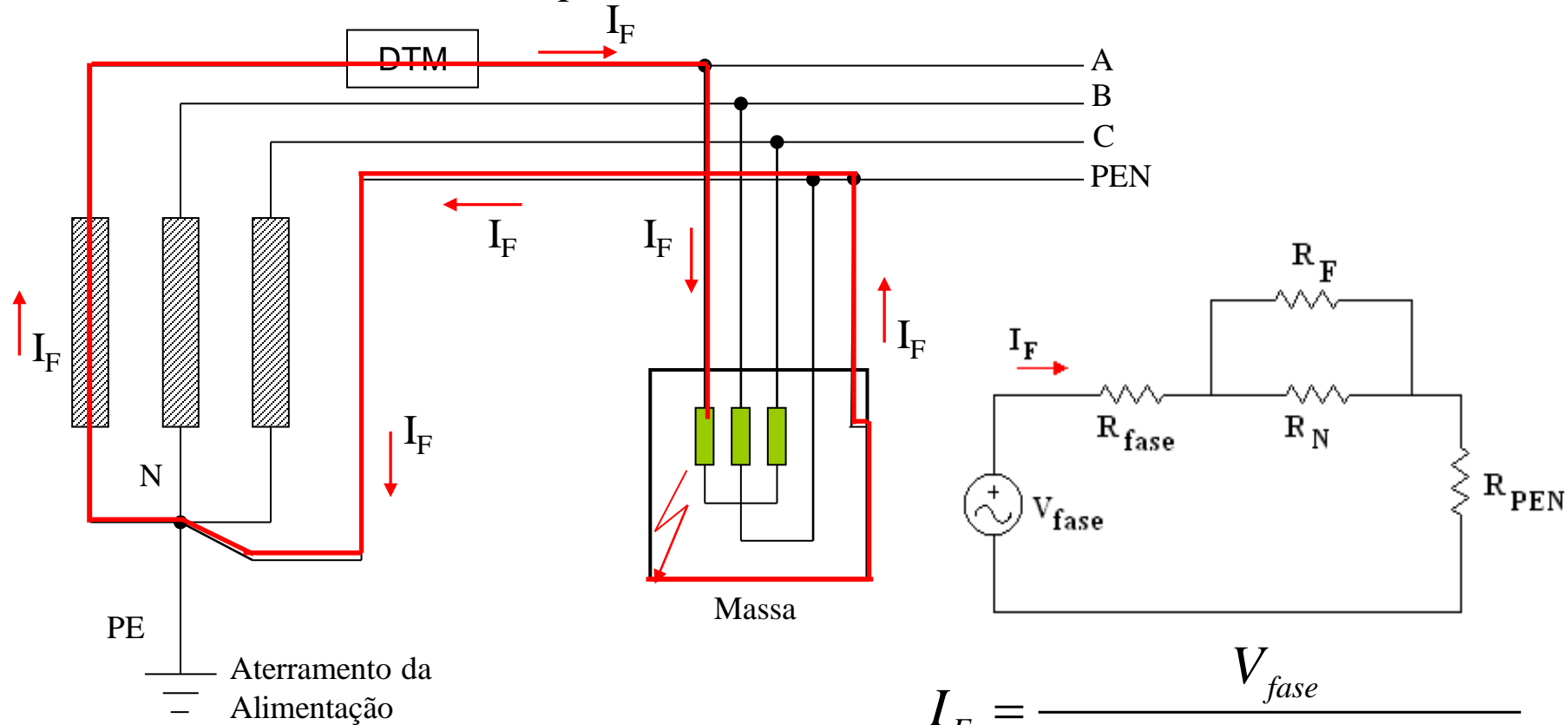
# Sistema TN-C

- Falta Fase-Terra ( $I_F$ )



# Sistema TN-C

- Falta Fase-Terra ( $I_F$ )



$$I_F = \frac{V_{fase}}{R_{fase} + R_F // R_N + R_{PEN}}$$

- Falta franca ( $R_F=0$ )
- $R_{fase} + R_F // R_N + R_{PEN} \sim m\Omega$ .
- $I_F$  é muito elevada para  $R_F=0$  (falta franca), logo o DTM deve atuar por curto-circuito.

# Sistema TN-C

- A NBR 5410 define para o esquema TN-C:

$$|Z_s| \cdot I_a \leq U_o \quad (1)$$

Onde:

$Z_s$  é a impedância do percurso da corrente de falta;

$I_a$  é a corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção num tempo no máximo igual ao especificado na tabela 20 ou a 5 s nos casos previstos na Nota de 5.1.3.1.3; e

$U_o$  é a tensão nominal entre fase e terra.

Tabela 20 – Tempos de seccionamento máximos no esquema TN

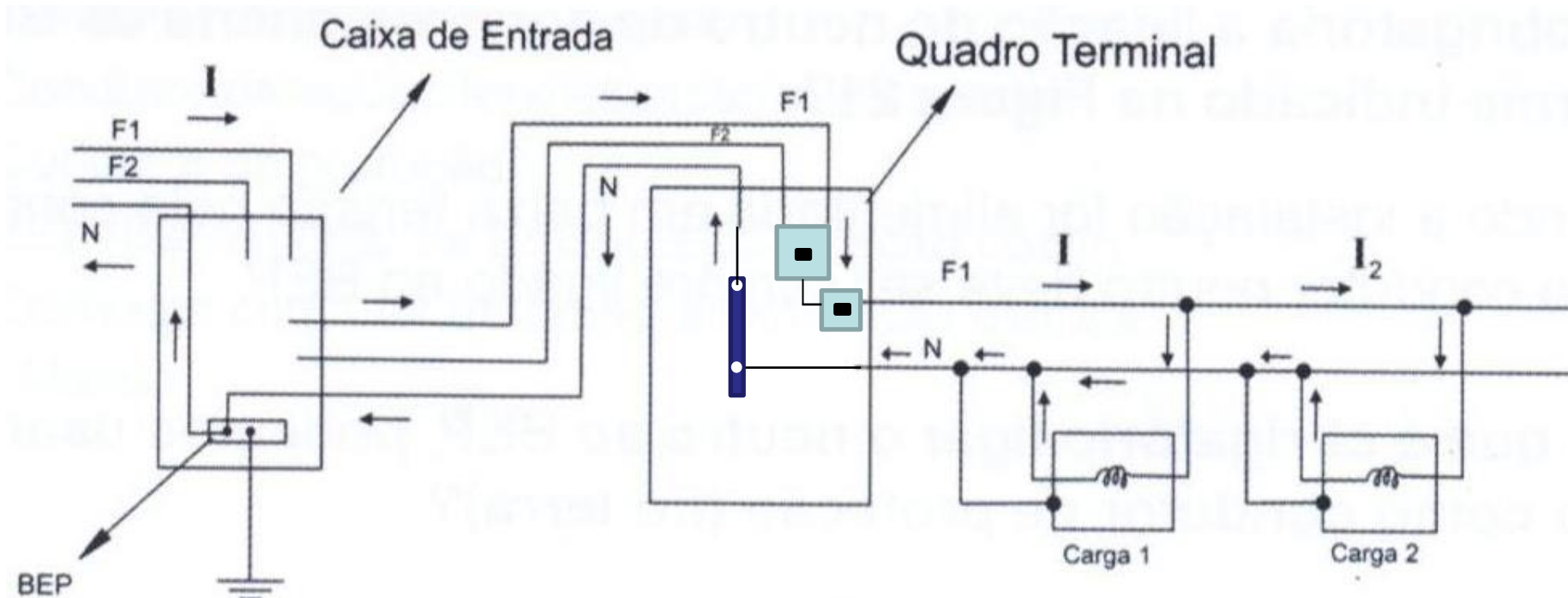
$U_o$ (V)	Tempo de seccionamento (s)	
	Situação 1	Situação 2
115, 120, 127	0,8	0,35
220	0,4	0,20

- Se a condição (1) for atendida, ocorrerá seccionamento automático.
- Não pode ser usado DDR (Dispositivo Diferencial Residual). Mas por que?
- O que ocorreria se perdessemos o condutor PEN da instalação elétrica?
- Segundo a NBR 5410/2004, no esquema TN-C a seção mínima do condutor PEN deve ser de 10 mm<sup>2</sup>. Por que?

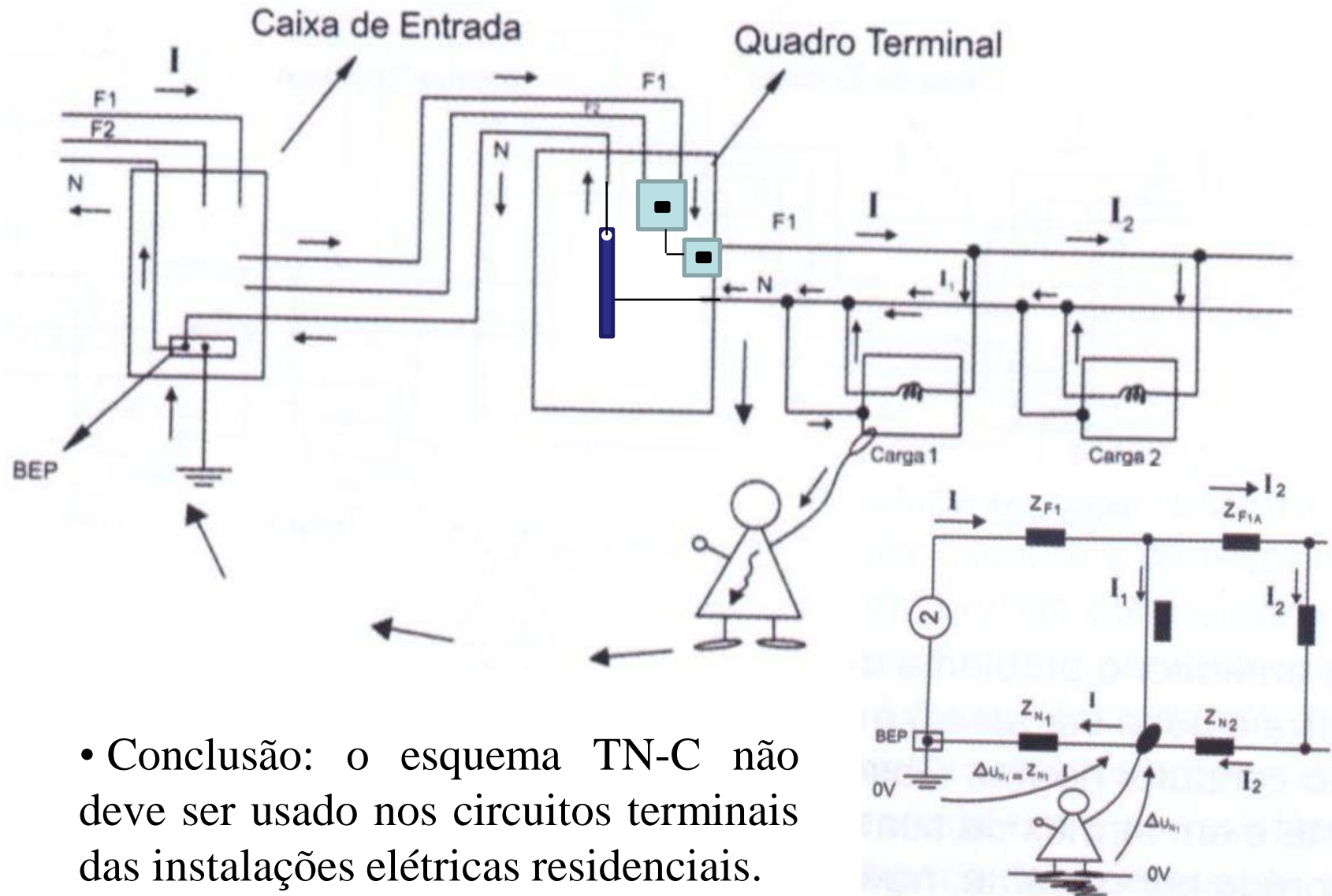


# Sistema TN-C

- O que acontece quando ligamos o condutor PEN (esquema TN-C) a carcaça de um equipamento elétrico, e uma pessoa não isolada da terra toca no equipamento?



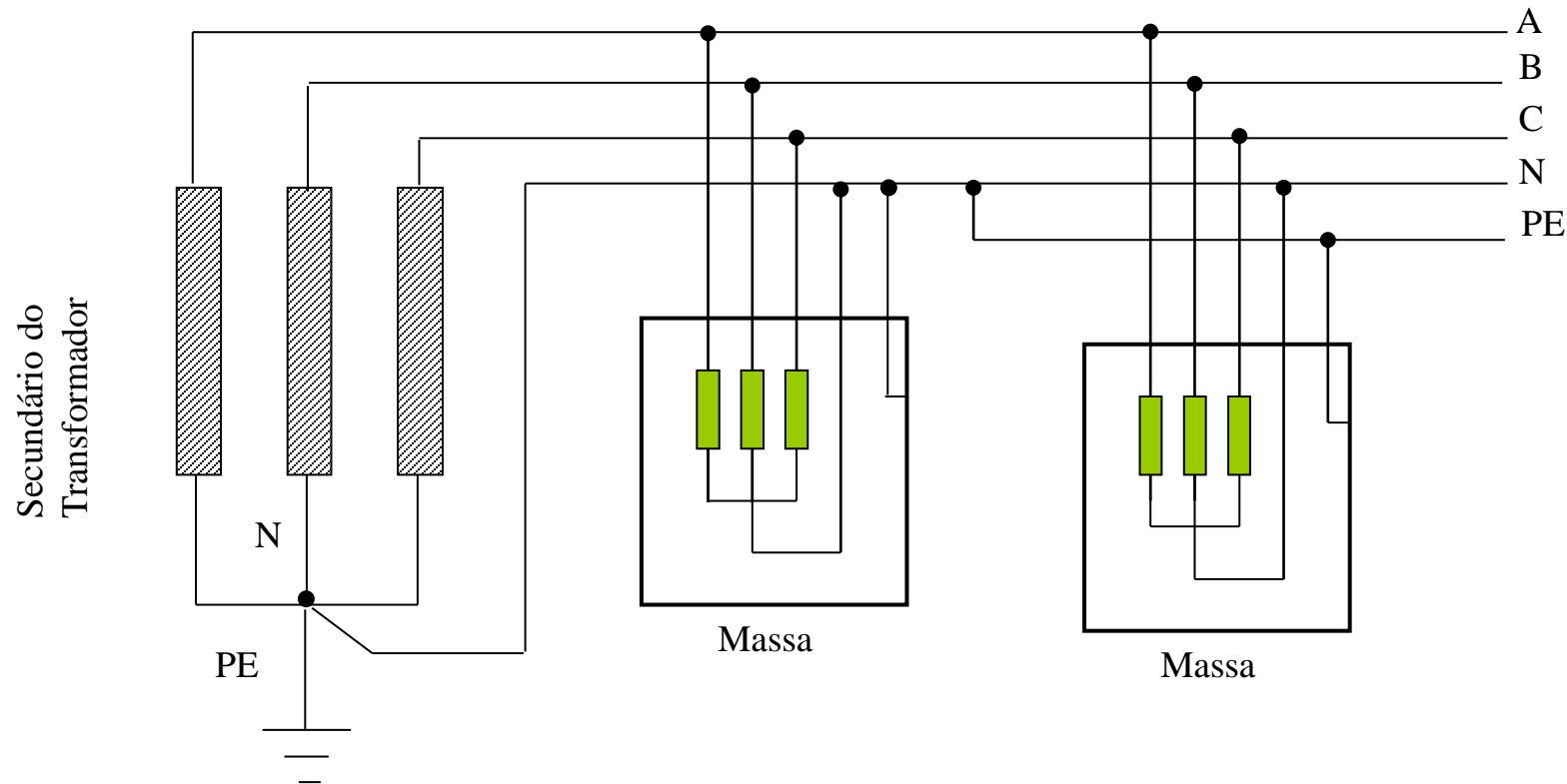
# Sistema TN-C



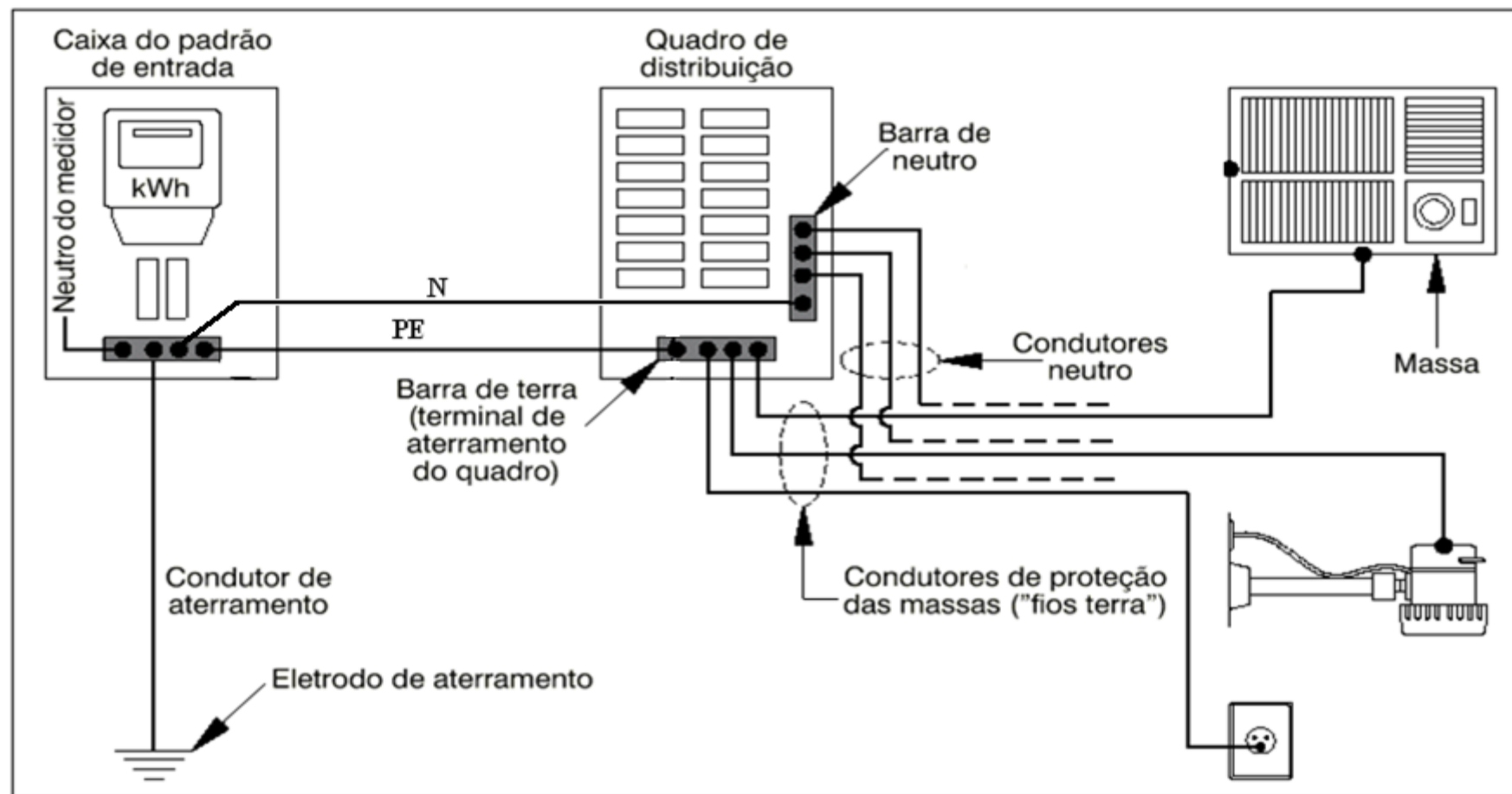
- Conclusão: o esquema TN-C não deve ser usado nos circuitos terminais das instalações elétricas residenciais.

# Sistema TN-C-S

- Terceiro sistema TN:
  - TN-C-S – as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor em uma parte do sistema e depois separadas.



# Sistema TN-C-S

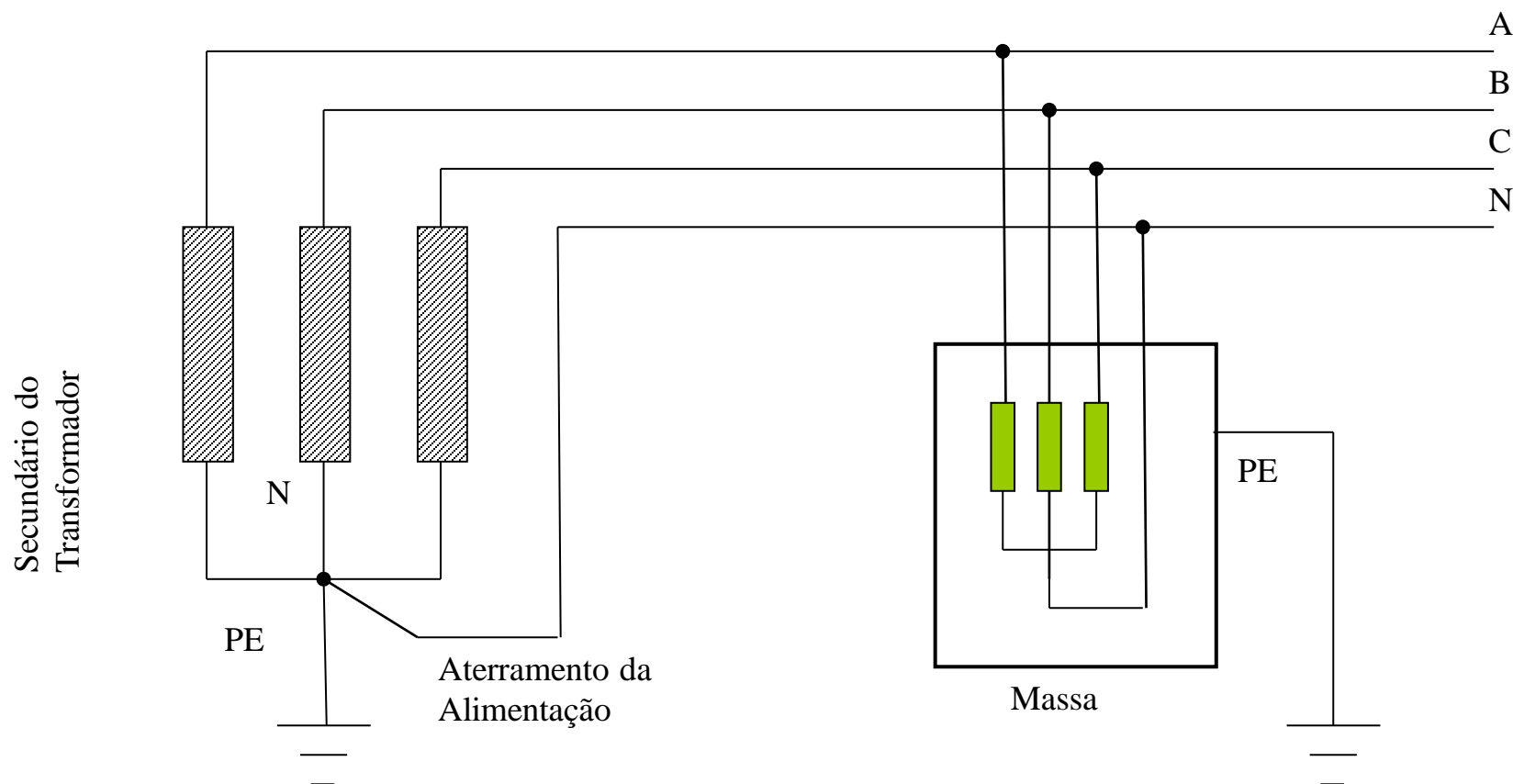


*esquema TN-C-S de aterramento.*

- O que aconteceria se o condutor PEN fosse rompido?

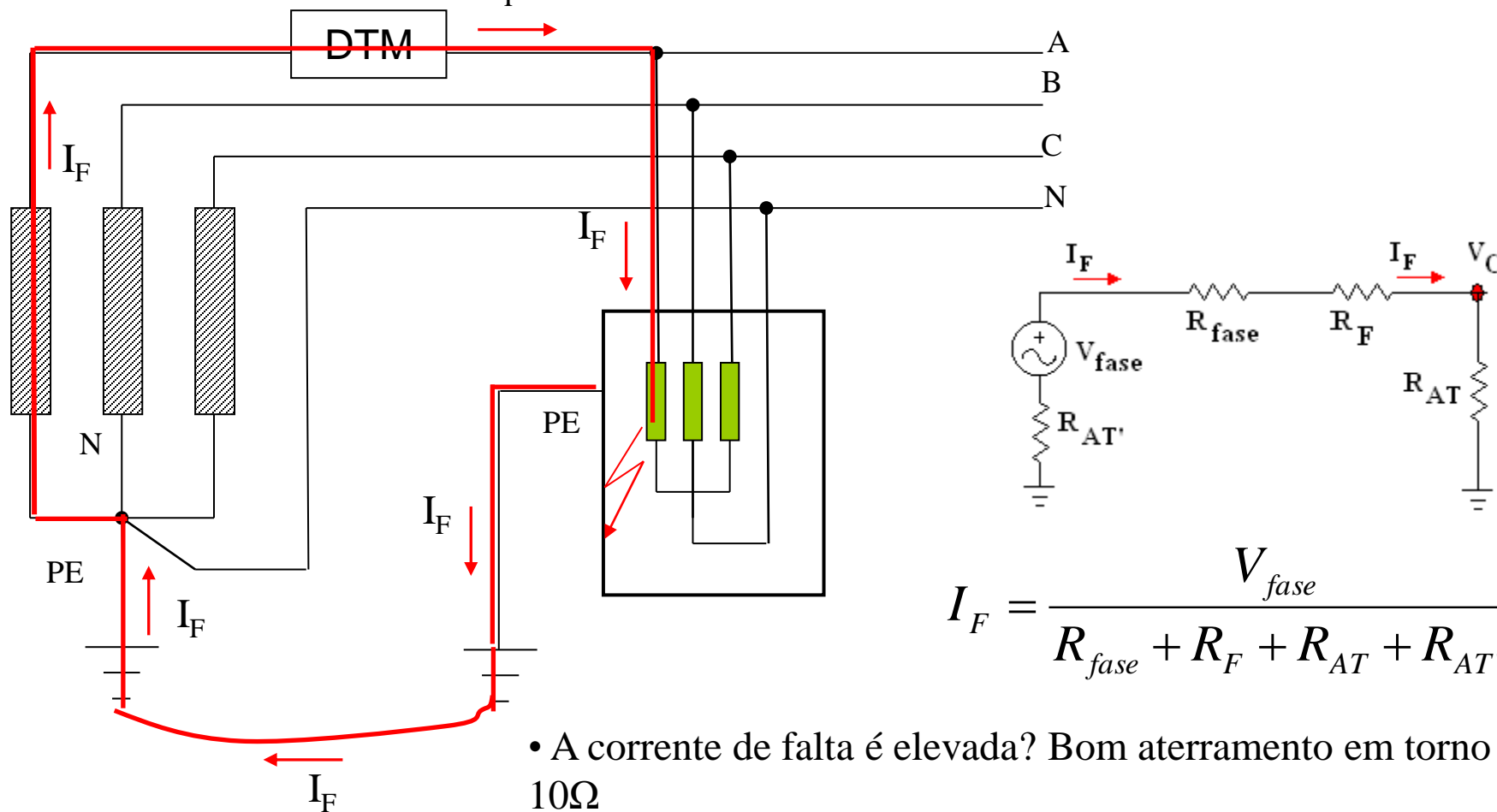
## 7.5.2- Sistema TT

- O ponto de alimentação da instalação é diretamente aterrado (T).
- As massas são ligadas a eletrodos de aterramento independentes do eletrodo da alimentação (T). As massas podem ser aterradas individualmente ou em grupo.



# Sistema TT

- Falta Fase-Terra ( $I_F$ )

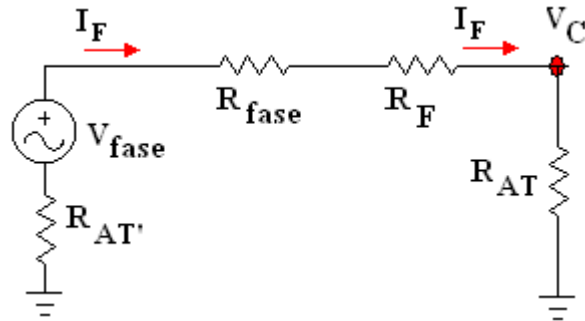


- A corrente de falta é elevada? Bom aterramento em torno de  $10\Omega$

- O DTM atuaria seccionando o circuito?

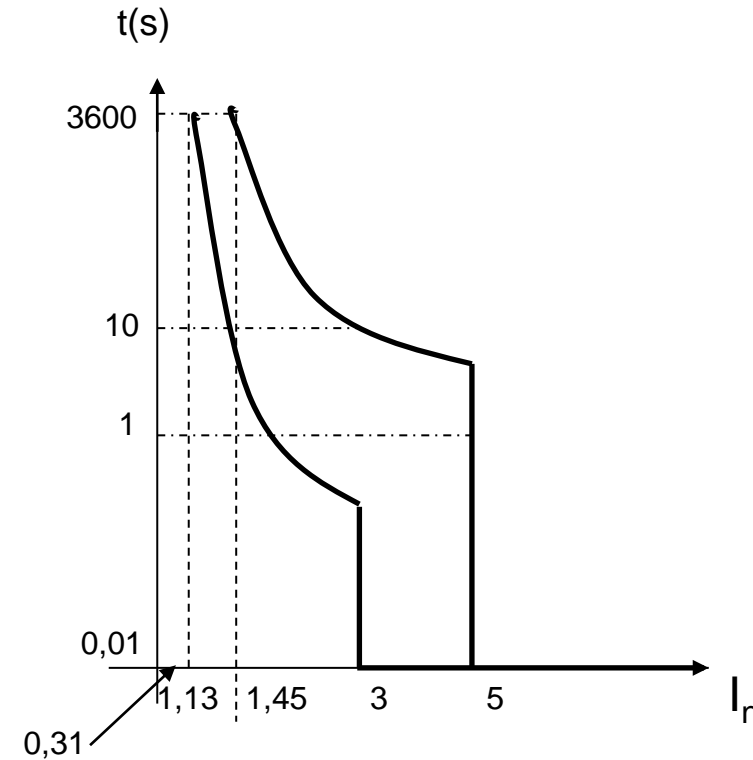
# Sistema TT

Exemplo 5.4: Sistema TT,  $R_{\text{fase}} = 0,1774 \, \Omega$  (condutor de  $2,5 \, \text{mm}^2$ ,  $|Z| = 8,87 \, \Omega/\text{Km}$ ,  $L = 20 \, \text{m}$ ),  $R_{\text{AT}} = R_{\text{AT}'} = 10 \, \Omega$ ,  $R_{\text{F}} = 0$  (Falta direta),  $V_{\text{fase}} = 127 \text{V}$ , DTM com  $I_n = 20 \, \text{A}$  (Classe C), situação 1.



$$I_F = \frac{127}{0,1774 + 10 + 10} = 6,294 \, \text{A}$$

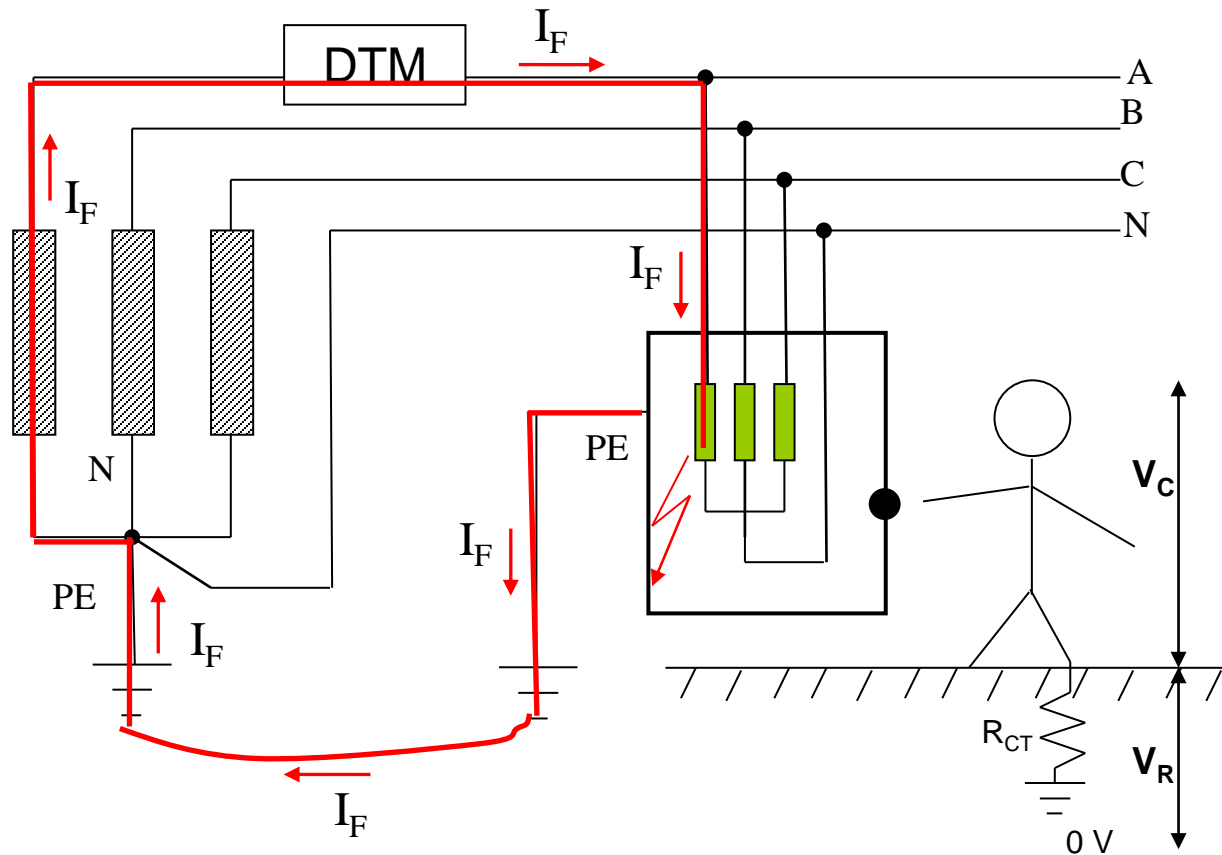
$$\frac{I_F}{I_n} = \frac{6,294}{20} = 0,31$$



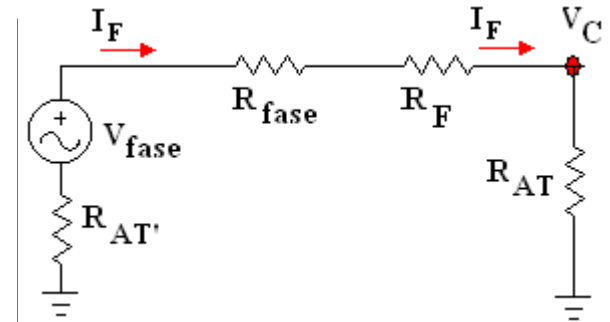
- O DTM não atua!
- Um corrente  $I_F$  iria propiciar uma tensão de contato.
- Em sistemas TT é obrigatório o uso de dispositivos diferenciais residuais.

# Sistema TT

- Como o DTM não atuou no exemplo anterior, qual seria a tensão de contato?



Pior caso :  $V_C = V_F$  ( $V_R = 0$ )



- $R_{fase} = 0,1774 \, \Omega$
- $R_{AT} = R_{AT'} = 10 \, \Omega$
- $R_F = 0$
- $V_{fase} = 127 \, V$

$$V_C = \frac{R_{AT}}{R_{fase} + R_{AT} + R_{AT'} + R_F} V_{fase}$$

$$V_C = 63 \, V > 50 \, V$$

- $V_C$  irá gerar uma corrente fatal ao ser humano!



# Sistema TT

- Como no sistema TT as correntes de falta são pequenas, os disjuntores termomagnéticos não atuam.
- A NBR 5410/2004 obriga o uso de dispositivos diferenciais residuais no sistema TT.
- Prescrições da NBR 5410/2004 para o sistema TT:

*a) todas as massas protegidas por um mesmo dispositivo de proteção devem ser ligadas por condutor de proteção a um mesmo eletrodo de aterramento. Se forem utilizados vários dispositivos em série, esta prescrição é aplicável a cada grupo de massas protegidas pelo mesmo dispositivo;*

*b) no esquema TT, a proteção contra contatos indiretos por seccionamento automático da alimentação deve ser assegurada por dispositivos a corrente diferencial-residual (dispositivos DR);*

*c) a seguinte condição deve ser atendida:*

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L$$

Onde:

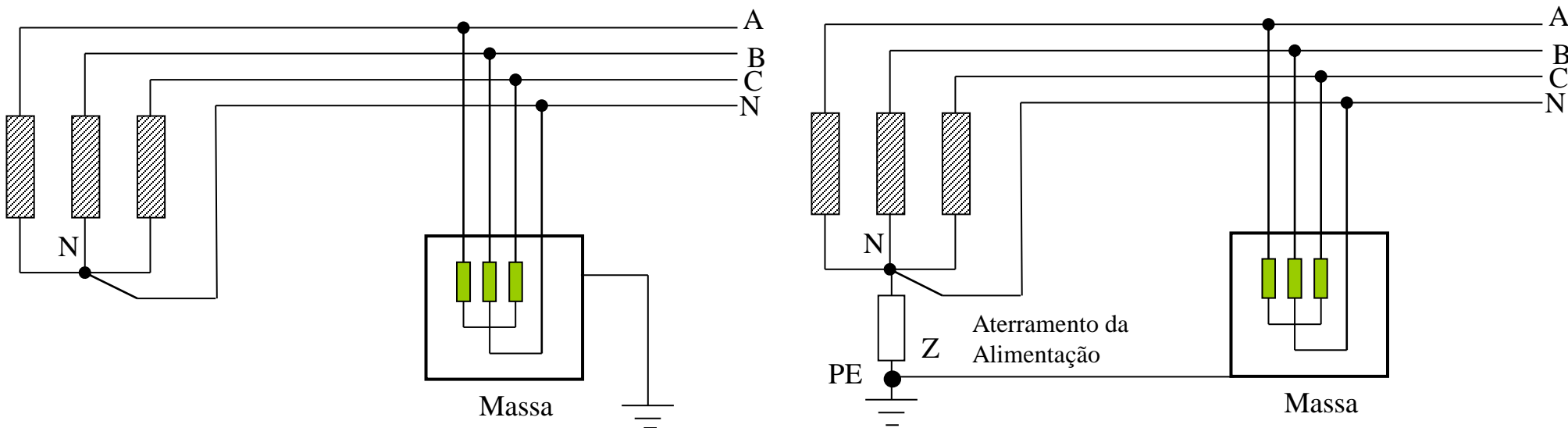
*$R_A$  é a soma das resistências do eletrodo de aterramento e dos condutores de proteção das massas;*

*$I_{\Delta n}$  é a corrente diferencial-residual nominal;*

*$U_L$  é a tensão de contato limite.*

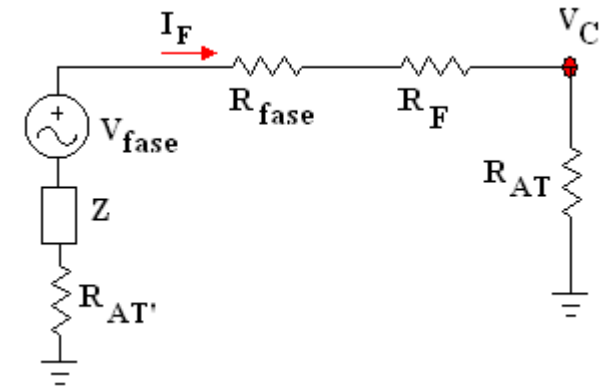
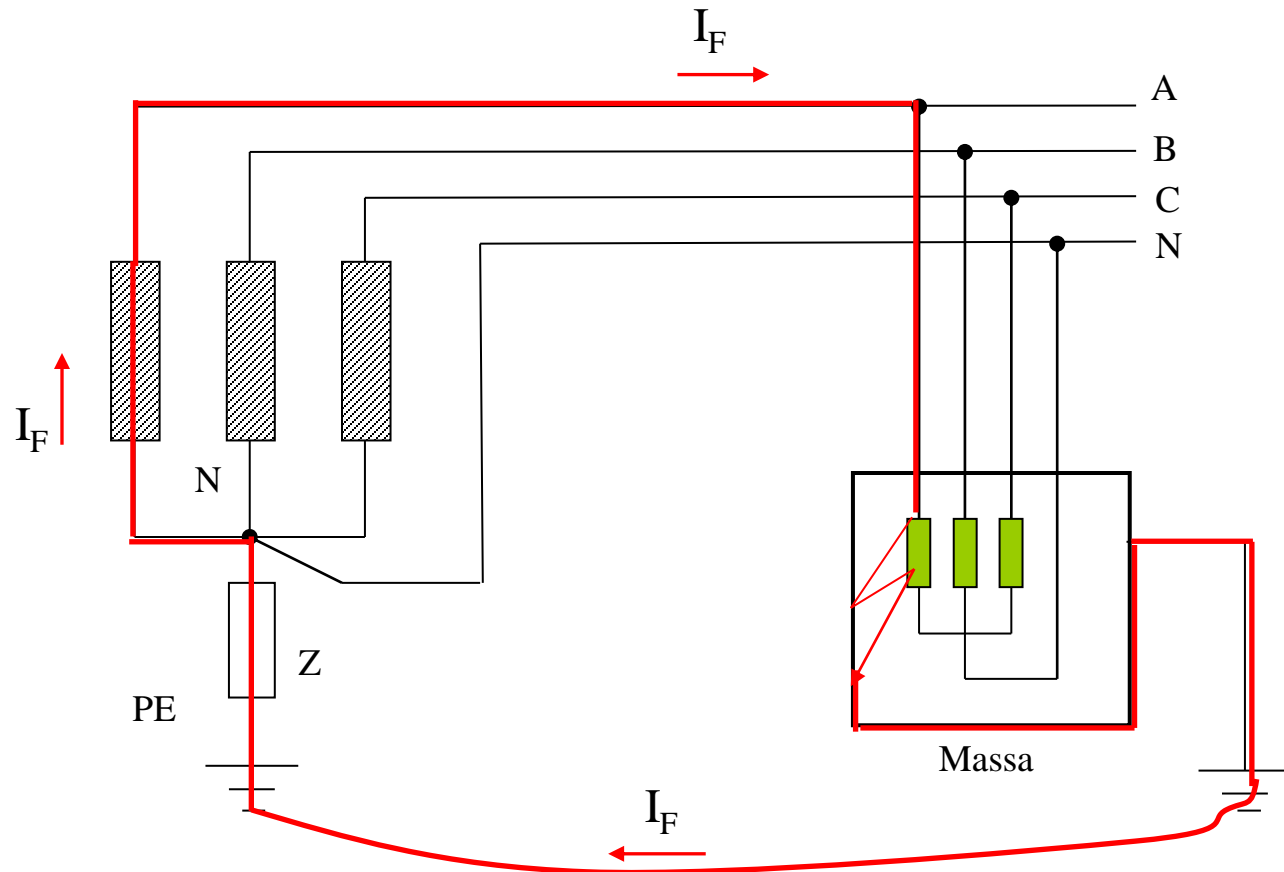
## 7.5.3- Sistema IT

- O ponto de alimentação não está diretamente aterrado, sendo isolada da terra ou aterrada por uma impedância  $Z$  (I), de valor elevado (400 a 1000  $\Omega$ ).
- As massas podem ser aterradas individualmente ou em grupo. Ainda existe a possibilidade de usar o mesmo aterramento da fonte (T).
- Aplicações em instalações onde a continuidade de serviço é importante, em indústrias com fornos, siderúrgicas, instalações com mineração e hospitais.



# Sistema IT

- Falta Fase-Terra ( $I_F$ )



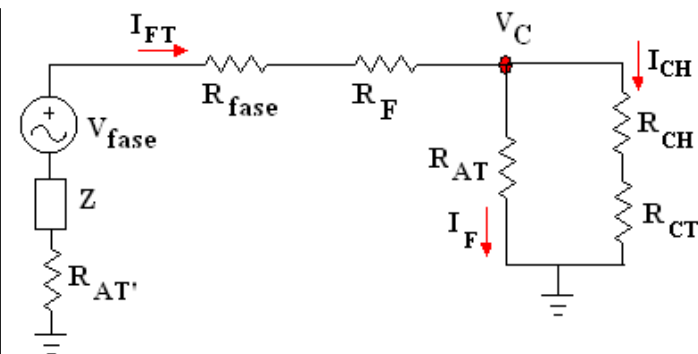
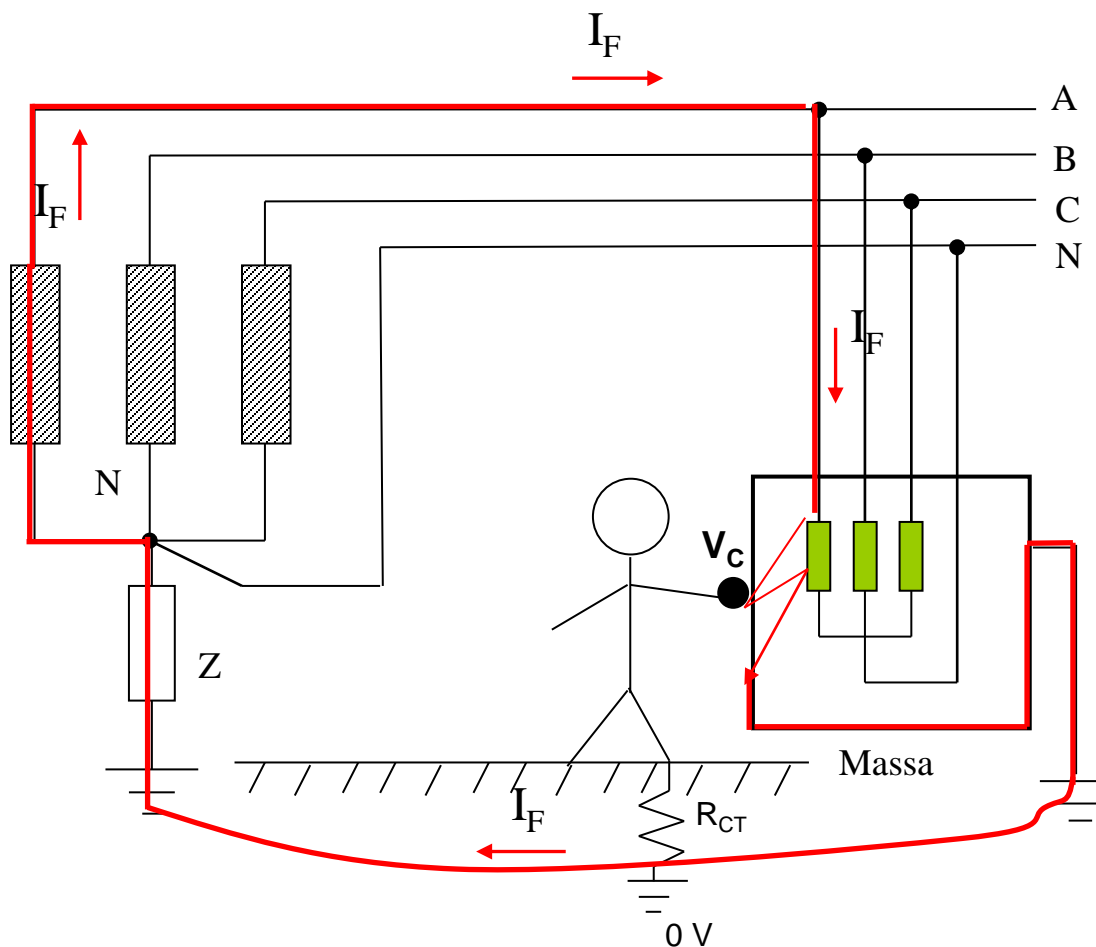
$$I_F = \frac{V_{fase}}{R_F + R_{AT} + R_{AT'} + Z}$$

Na falta:

- $I_F$  é muito pequena
- $Z \sim 400$  a  $1000 \Omega$

# Sistema IT

- Falta Fase-Terra ( $I_F$ )



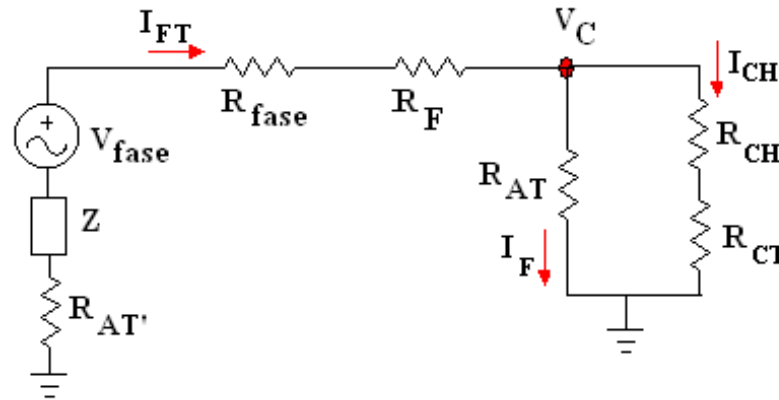
Pior caso :  $V_C = V_F$  ( $V_R = 0$ )

Na falta:

- $V_C = R_{AT} I_F$  é muito pequena, logo a pessoa estaria protegida!

# Sistema IT

Exemplo 5.5) Em um sistema IT ocorre uma falta fase-terra franca ( $R_F=0$ ) num equipamento de um centro cirúrgico. Adote  $R_{fase}=0,1774\Omega$ ,  $R_{AT}=R_{AT'}=10\Omega$ ,  $Z=1\text{ k}\Omega$ ,  $R_{CH}=1\text{ k}\Omega$ ,  $R_{CT}=2\text{ k}\Omega$  e  $V_{fase}=220\text{ V}$ . Se uma pessoa tocar neste equipamento ela irá levar um choque elétrico?



$$I_{FT} = \frac{V_{fase}}{R_{fase} + R_F + R_{AT} // (R_{CH} + R_{CT}) + R_{AT'} + Z}$$

$$I_{FT} = 216mA$$

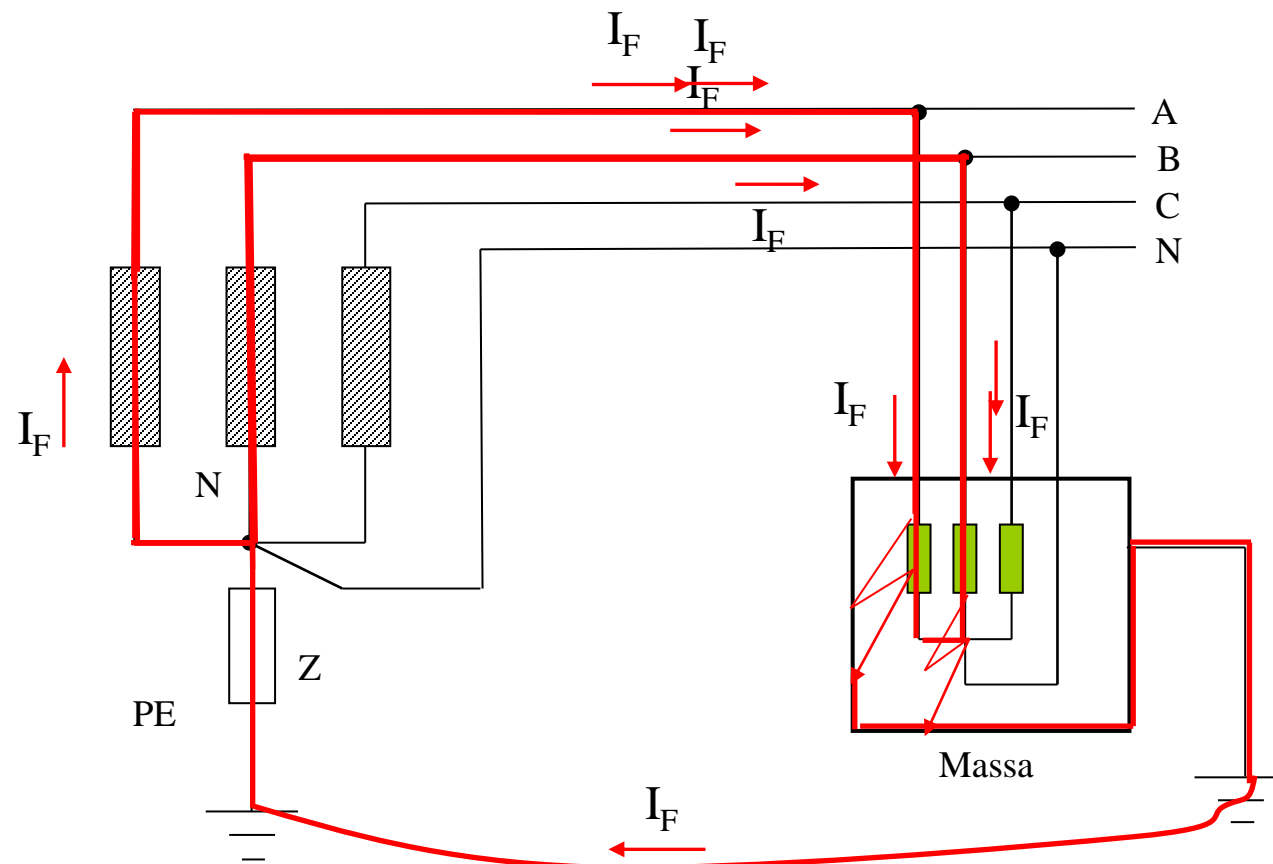
$$V_C = 2,16V$$

$$I_{CH} = 1,08mA$$

Logo a pessoa não levará um choque elétrico, pois  $V_c < 50V$ .

# Sistema IT

- Qual o grande problema do Sistema IT?
  - Segunda falta fase-terra, e assim teríamos uma falta fase-fase.
  - Desta forma o sistema seria desligado devido a elevada corrente de falta.



# Sistema IT

- Prescrições da NBR 5410/2004:

- c) para que não seja imperativo o seccionamento automático quando de uma primeira falta à terra ou à massa, a seguinte condição deve ser satisfeita:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

onde:

$R_A$  é a resistência do eletrodo de aterramento das massas, em ohms;

$I_d$  é a corrente de falta, em ampères, resultante de uma primeira falta direta entre um condutor de fase e uma massa. O valor de  $I_d$  leva em conta as correntes de fuga naturais e a impedância global de aterramento da instalação;

$U_L$  é a tensão de contato limite.

- f) *no esquema IT, os seguintes dispositivos de proteção podem ser utilizados na proteção contra contatos indiretos:*

- *dispositivos de proteção a sobrecorrente;*
- *dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR).*

**Tabela 26 — Tempos de seccionamento máximos no esquema IT (segunda falta)**

Tensão nominal do circuito		Tempo de seccionamento s			
U V	U <sub>o</sub> V	Neutro não distribuído		Neutro distribuído	
		Situação 1	Situação 2	Situação 1	Situação 2
208, 220, 230	115, 120, 127	0,8	0,4	5	1

U<sub>o</sub>-Tensão de fase

U-Tensão de linha

# Sistema IT

- Prescrições da NBR 5410/2004:
  - Em um sistema IT deve haver um DSI (dispositivo supervisor de isolamento), para indicar a existência de uma primeira falta fase-terra. Tal dispositivo deve acionar um sinal sonoro e/ou visual diretamente à equipe de manutenção.

