

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – CCE**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEL**

# **Medidas Elétricas e Magnéticas**

## **ELT210**

### **AULA 09 – Medição da Resistividade do Solo e Sistemas de Aterramento**

**Prof. Tarcísio Pizziolo**



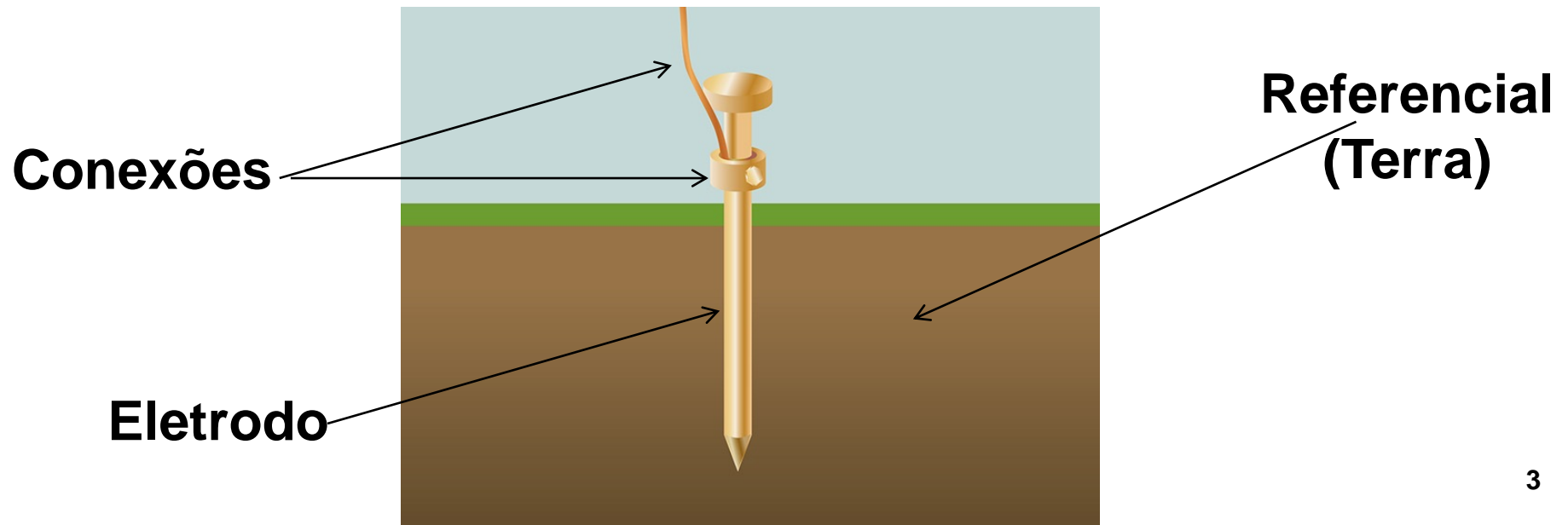
## **Sistema de Aterramento**

# 1. Sistema de Aterramento

Um aterramento elétrico consiste em uma ligação elétrica de um sistema físico (elétrico, eletrônico, corpos metálicos, etc) ao solo com o objetivo de equiparar os potenciais entre o sistema físico e o solo

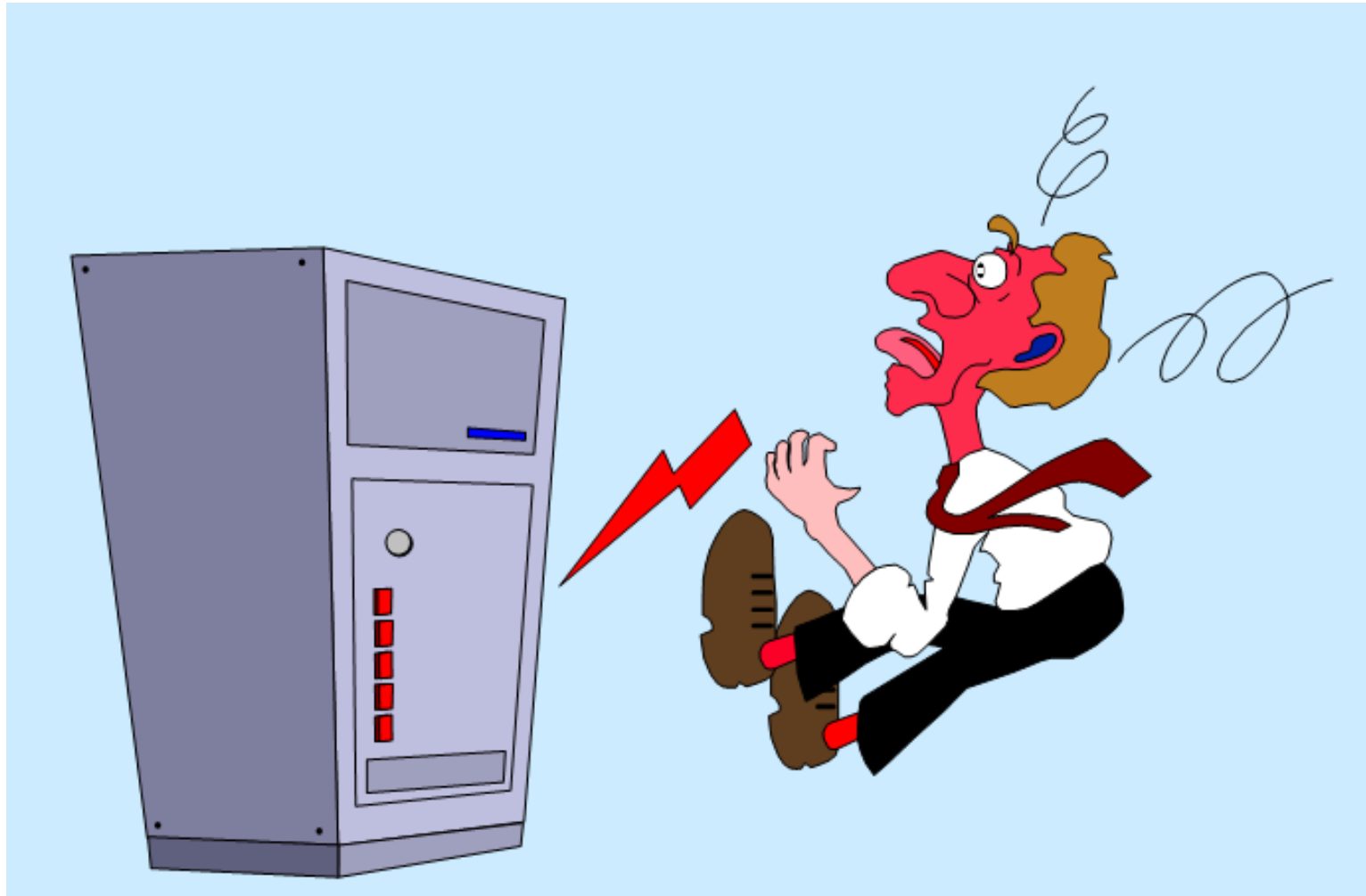
Constitui-se basicamente de 3 componentes:

- **as conexões elétricas que ligam um ponto do sistema aos eletrodos;**
- **Os eletrodos de aterramento;**
- **O referencial (Terra) que envolve os eletrodos.**



## 2. Principais Objetivos do Aterramento

- Segurança das pessoas contra **choque elétrico**;
- Proteção dos equipamentos;



## 2.1 Choque Elétrico

Corrente alternada (**60 Hz**).

Tempo de circulação maior que **três** segundos.

Corrente passando pelo:

torax (pulmão e coração)

ou pelo cérebro.

**1 mA** - Limiar de sensibilidade - Formigamento

**5 a 15 mA** - Contração muscular - Dor

**15 a 25 mA** - Contrações violentas - Impossibilidade de soltar  
o objeto (fio) - Morte aparente - Asfixia

Respiração artificial

**25 - 80 mA** - Morte aparente - Asfixia - Fibrilação ventricular

Respiração artificial - Massagem cardíaca

Maior que **80 mA** - Desfibrilação elétrica.

Corrente de ampères - Queimaduras e morte.

## 2.2 Resistência do corpo humano



Medida entre duas mãos.

Mãos secas:  $R = 5000 \, \Omega$

Mãos úmidas:  $R = 2500 \, \Omega$

Mãos molhadas:  $R = 1000 \, \Omega$

Mãos imersas na água:  $R = 500 \, \Omega$

Corrente “perigosa”:  $I = 20 \, \text{mA}$

$$V = R \times I$$

Mãos secas:  $V = 100 \, \text{V}$

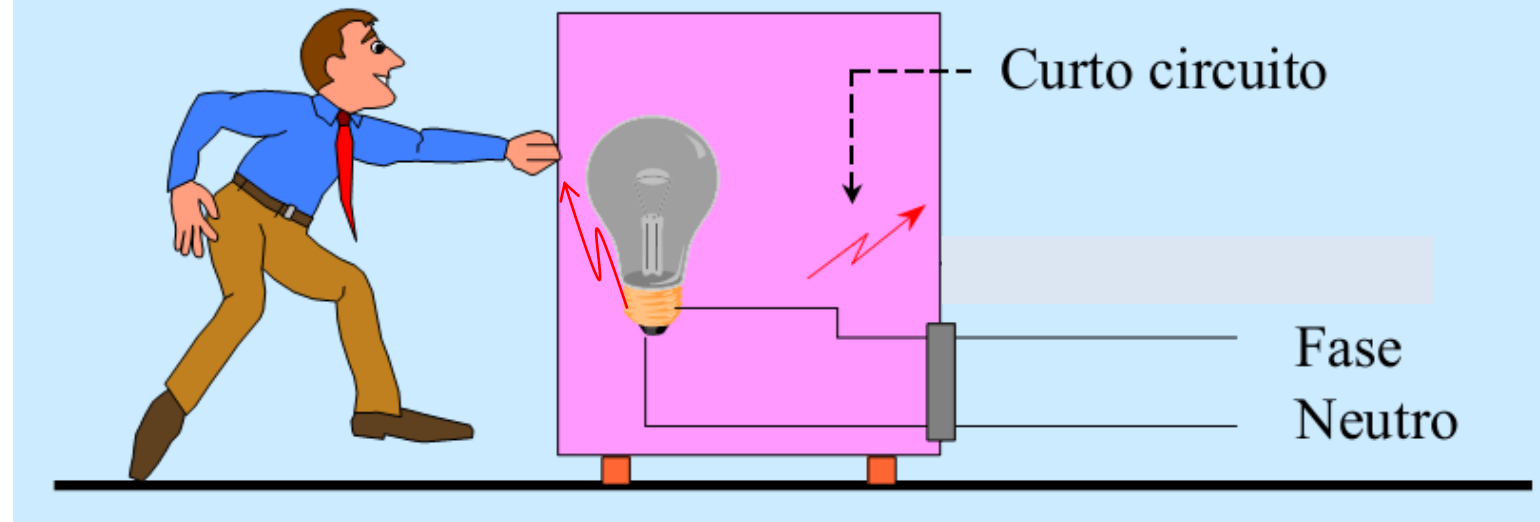
Mãos úmidas:  $V = 50 \, \text{V}$

Mãos molhadas:  $V = 20 \, \text{V}$

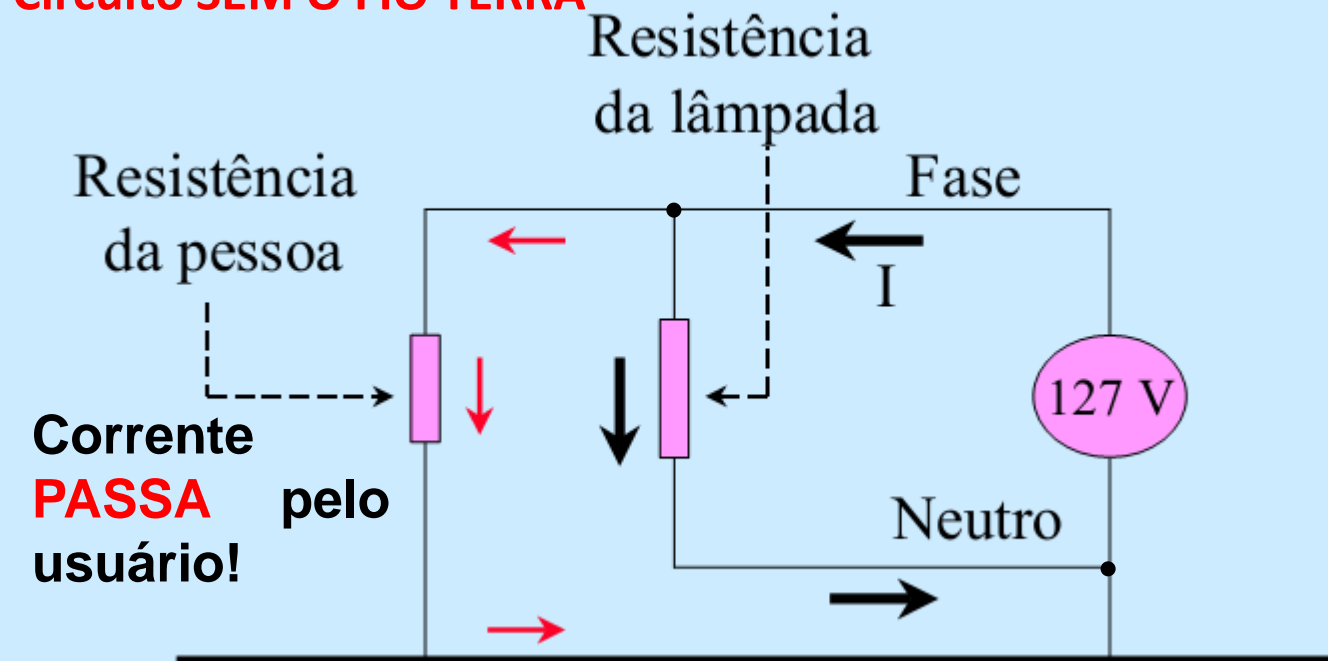
Mãos imersas na água:  $V = 10 \, \text{V}$

## 2.3 Curto Circuito para a carcaça dos equipamentos

### Equipamento SEM O FIO TERRA

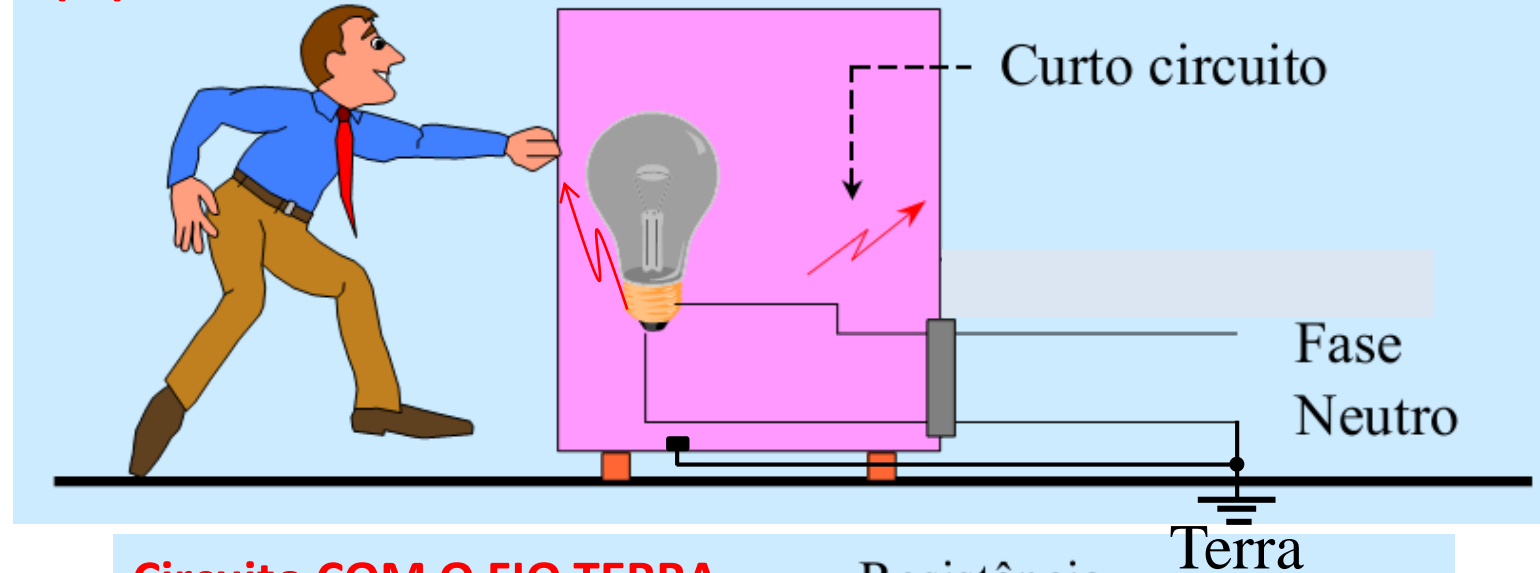


### Circuito SEM O FIO TERRA

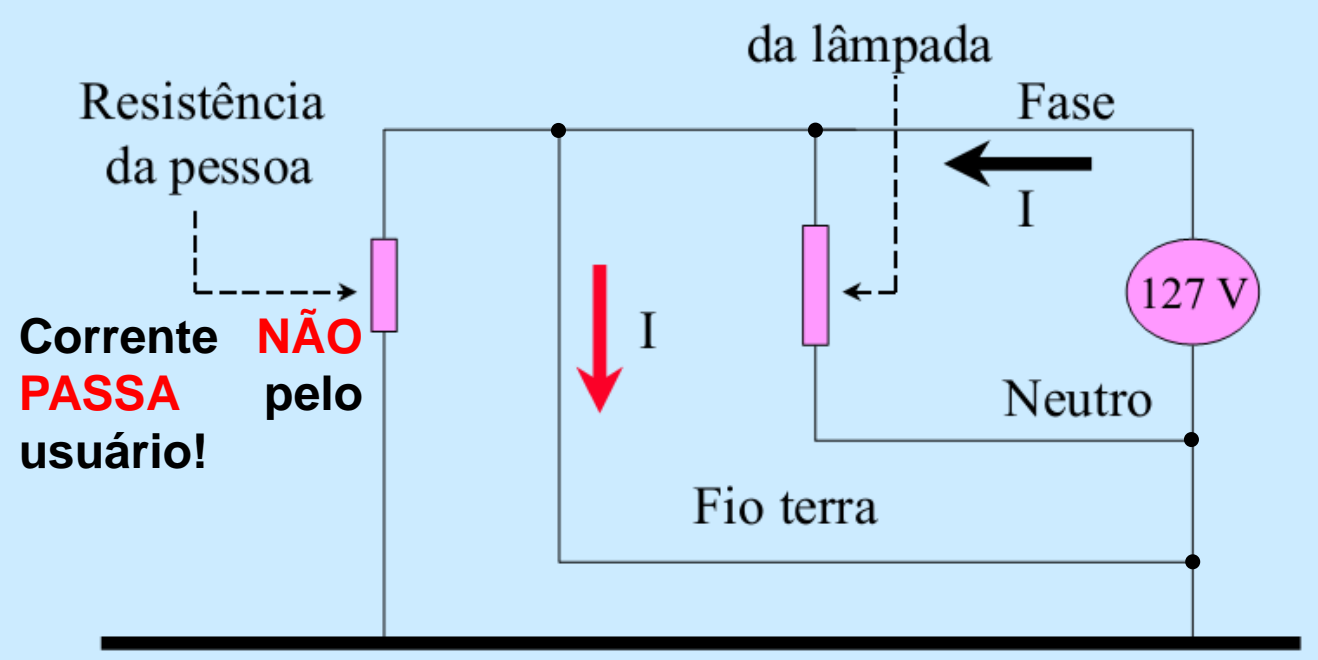


## 2.3 Curto Circuito para a carcaça dos equipamentos

### Equipamento COM O FIO TERRA



### Circuito COM O FIO TERRA





## 2.4 Dispositivos DR (Diferencial Residual)

Lei 8078/90, art. 39-VI11, art. 12, art. 14, e norma ABNT NBR 5410/97. RESPONSABILIDADE CIVIL

- Desde dezembro de 1997, é obrigatório no Brasil, em todas as instalações elétricas, o uso do dispositivo DR (diferencial residual) nos circuitos elétricos que atendam aos seguintes locais: banheiros, cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço e áreas externas.
- O dispositivo DR é um interruptor automático que desliga correntes elétricas de pequena intensidade (da ordem de centésimos de ampère), que um disjuntor comum não consegue detectar, mas que podem ser fatais se percorrerem o corpo humano.
- Dessa forma, um completo sistema de aterramento, que proteja as pessoas de uma forma eficaz, deve conter, o dispositivo DR.

As normas que estabelecem as condições para garantia da segurança das pessoas e equipamentos, nas condições mais usuais de utilização, são a **NBR 5410**, para as instalações a baixa tensão, e a **NBR 14039**, para as instalações de média tensão.

## 2.4 Dispositivos DR (Diferencial Residual)

- Detecta fugas de corrente no circuito onde está ocorrendo a falha, evitando o choque por contato direto ou indireto.
- É um interruptor para pequenas intensidades de corrente, as quais um disjuntor comum não consegue detectar.
- Um sistema de proteção residencial completo e eficaz em termos de segurança deve conter o dispositivo DR.
- O dispositivo DR protege as pessoas e os animais contra os efeitos do choque elétrico por contato direto ou indireto (causado por fuga de corrente).



## 2.4 Dispositivos DR (Diferencial Residual)

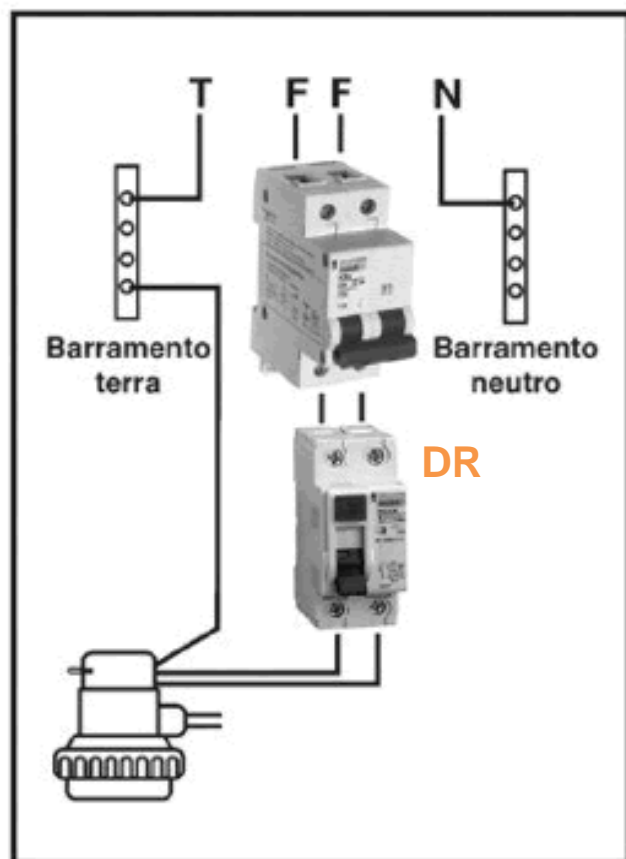
A corrente nominal ( $I_n$ ) do dispositivo DR deve ser maior ou igual à corrente do disjuntor. Na maioria das vezes, nas instalações elétricas residenciais ou similares, a corrente diferencial residual nominal ( $I_{\Delta n}$ ) do dispositivo DR é de 30 mA, ou seja, se o dispositivo DR detectar uma fuga de corrente de 30 mA, automaticamente o circuito é desligado.

**Importante:** a quantidade de pólos do dispositivo DR deve ser sempre igual ou maior que a quantidade de condutores carregados (fases e neutro) do circuito a ser protegido.

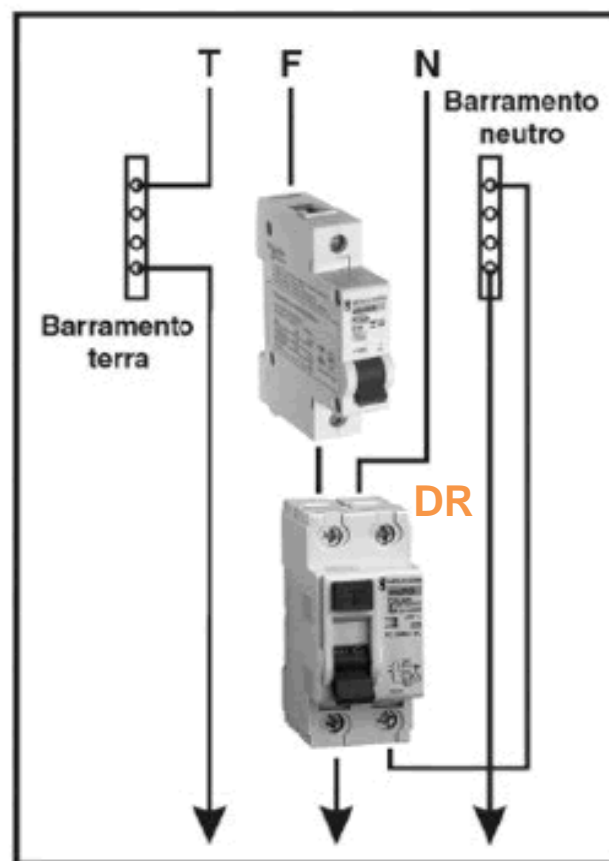
## 2.4 Dispositivos DR (Diferencial Residual)

### Esquema de instalação do DR

Instalação com dispositivo DR em 220V~ (entre fase e fase)



Instalação com dispositivo DR em 127V~



### 3. Sistema de Aterramento

O Sistema de Aterramento tem a finalidade de criar um **caminho condutor de eletricidade** para correntes geradas por **ligações incorretas**, **descargas atmosféricas**, **transientes** ou para **escoamento de cargas acumuladas na carcaça de equipamentos**, sem que qualquer destes eventos ofereça perigo às pessoas ou animais, assim como **sensibilizar rapidamente os equipamentos de proteção**, isolando as faltas (curto-circuitos) à terra, **fornecendo um caminho de baixa impedância** para tais correntes.

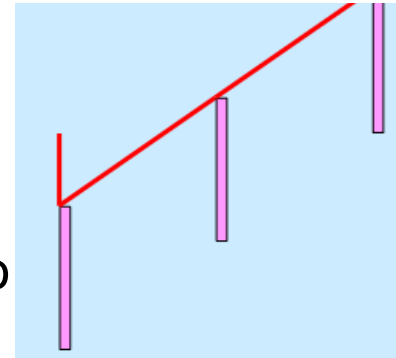
Nenhum Sistema de Aterramento é 100% seguro devido às variáveis que o envolvem (tensão de descarga, resistência do solo, etc).

# 3.1 Tipos de Aterramento

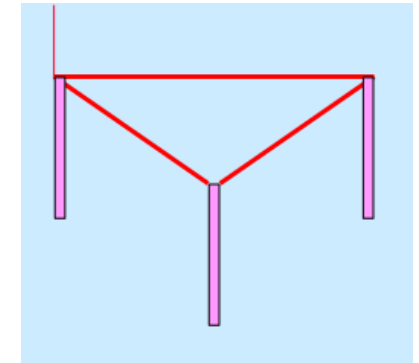
Os principais tipos são:

1. Uma simples haste cravada no solo
2. Hastes alinhadas
3. Hastes em triângulo, quadrado ou círculo
4. Malha de aterramento

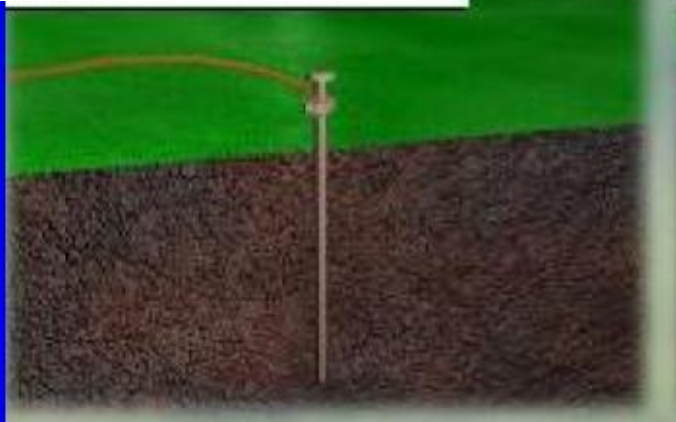
Linha



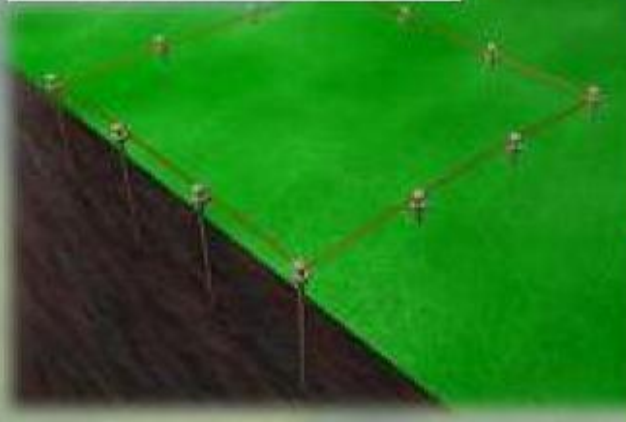
Triângulo



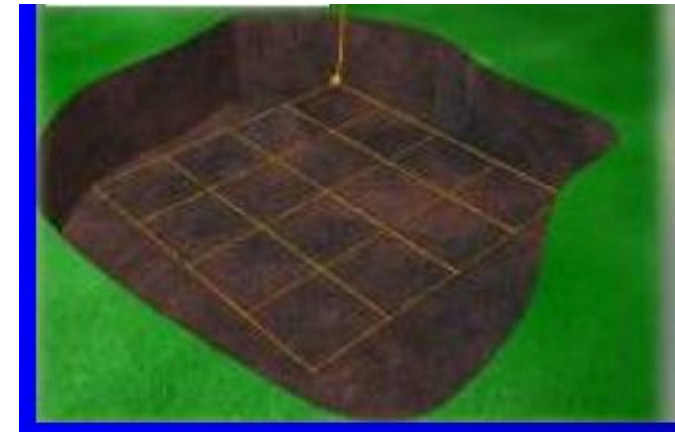
Haste simples



Hastes em quadrado



Malha



## 3.2 Haste de Aterramento

Características dos materiais das hastes de aterramento:

1. serem bons condutores de eletricidade.
2. serem inertes às ações dos ácidos e sais dissolvidos no solo.
3. possuir resistência mecânica compatível com a cravação e movimentação do solo.
4. Comercialmente são denominadas “**Hastes Copperweld**” e possuem o comprimento de **2,4 m** (podendo ser 3 m).

**O cobre (e suas ligas) é o metal mais utilizado nestas hastes, pelos seguintes fatores:**

- possui pequena resistividade (somente a prata tem valor inferior, porém o seu elevado preço não permite seu uso em quantidades grandes;
- possui características mecânicas favoráveis;
- possui baixa oxidação para a maioria das aplicações.

## 4. Projeto do Sistema de Aterramento

Para projetar adequadamente um **Sistema de Aterramento** deve-se seguir no mínimo as seguintes etapas:

4.1 Definição do **Local do Aterramento**.

4.2 Medição e Cálculo da **Resistividade Aparente do Solo**.

4.3 Medição e Cálculo da **Resistência de Terra**.

4.4 Definição da **Configuração do Aterramento** desejado.

4.5 **Dimensionamento do Sistema de Aterramento**.



## **4.1 Definição do Local do Aterramento**

A **localização do sistema de aterramento** depende da posição estratégica ocupada pelos equipamentos elétricos do sistema elétrico em questão.

Por exemplo, para uma subestação devem ser analisados os seguintes itens:

- 1. Centro geométrico de cargas.**
- 2. Local com terreno disponível.**
- 3. Terreno acessível economicamente.**
- 4. Local seguro às inundações.**
- 5. Não comprometer a segurança da população.**

## 4.2 Medição e Cálculo da Resistividade Aparente do Solo



**Equipamento utilizado para a Medição de Resistividade do Solo**

## 4.2.1 Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ )

Vários fatores influenciam na **Resistividade Aparente do Solo**, sendo os principais:

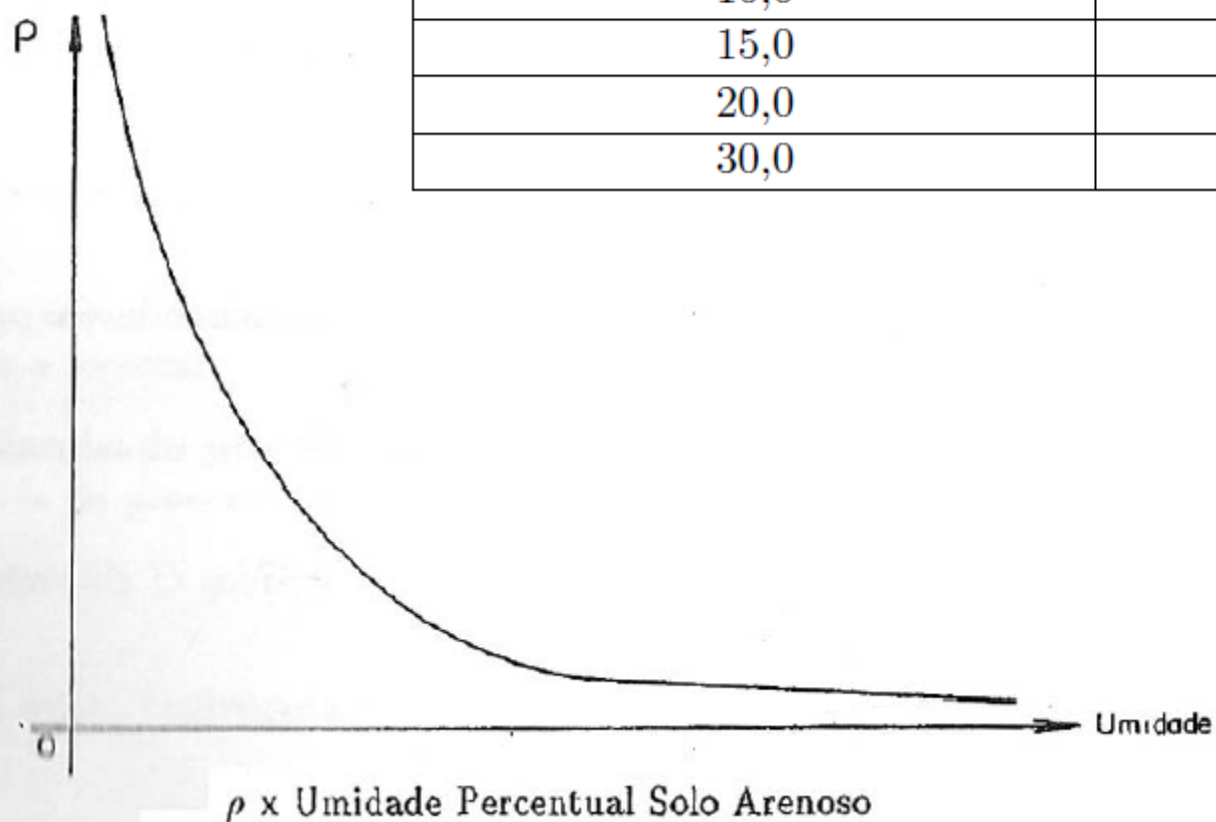
- a) Tipo de solo.
- b) Teor de umidade.
- c) Temperatura.

### a) Tipo de Solo

Tipo de Solo e Respectiva Resistividade ( $\rho_a$ )	
Tipo de Solo	Resistividade [ $\Omega \cdot m$ ]
Lama	5 a 100
Terra de jardim com 50% de umidade	140
Terra de jardim com 20% de umidade	480
Argila seca	1500 a 5000
Argila com 40% de umidade	80
Argila com 20% de umidade	330
Areia molhada	1300
Areia seca	3000 a 8000
Calcário compacto	1000 a 5000
Granito	1500 a 10000

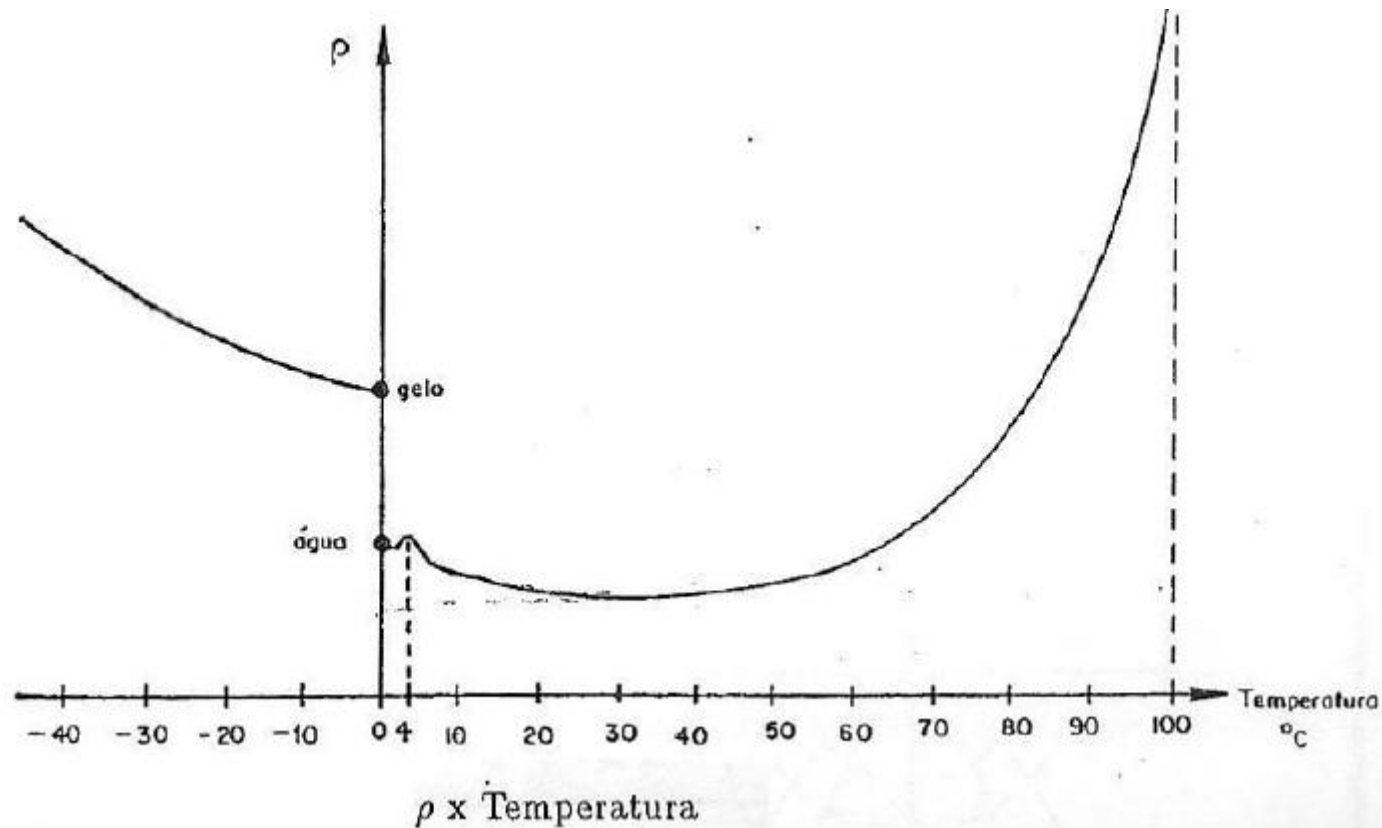
## b) Teor de umidade

Resistividade de um Solo Arenoso com Concentração de Umidade	
Índice de Umidade (% por peso)	Resistividade [ $\Omega \cdot m$ ] (solo arenoso)
0,0	10000000
2,5	1500
5,0	430
10,0	185
15,0	105
20,0	63
30,0	42



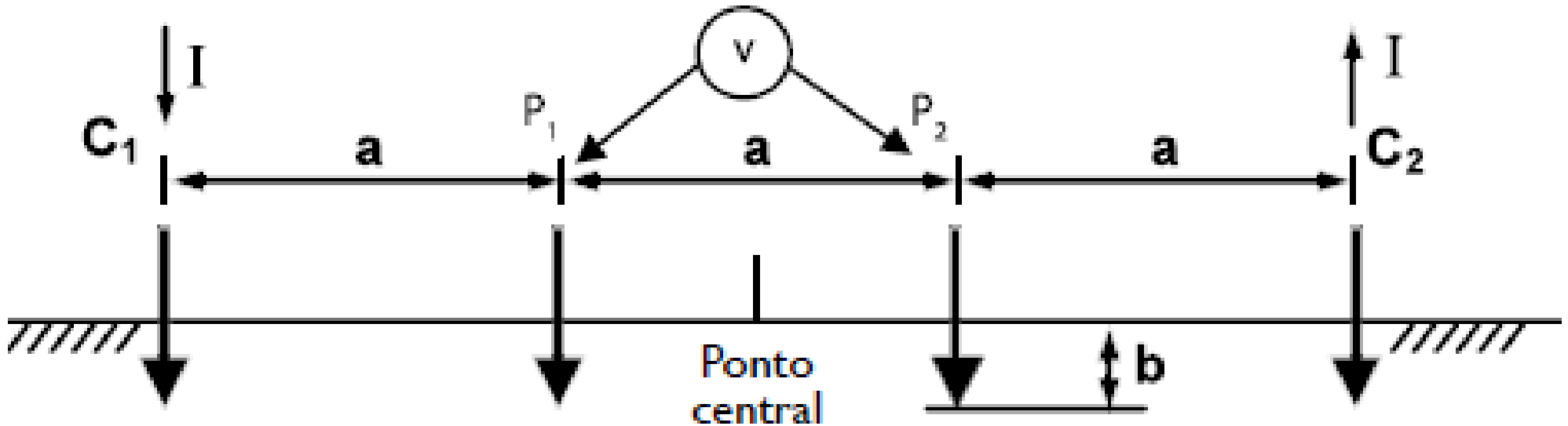
## c) Temperatura

Variação da Resistividade com a Temperatura para o Solo Arenoso	
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Resistividade [ $\Omega \cdot m$ ] (solo arenoso)
20	72
10	99
0 (água)	138
0 (gelo)	300
-5	790
-15	3300



## 4.2.2 Medição da Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ )

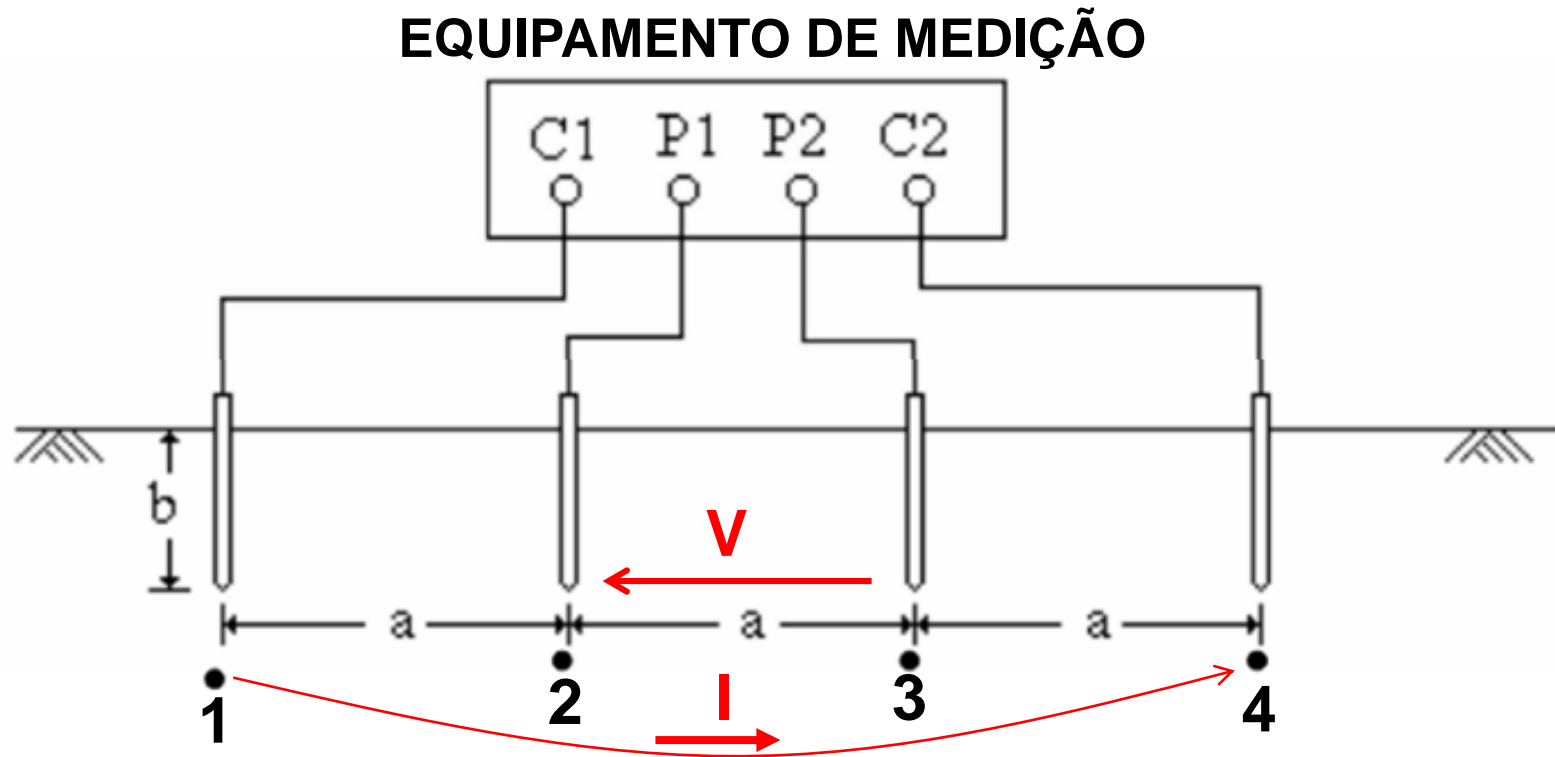
O método mais utilizado para medir os parâmetros **V** e **I** para o cálculo da Resistividade Aparente do Solo é o **Método de WENNER**. A figura abaixo apresenta o esquema deste método.



**Montagem:** Devem ser cravadas no solo 4 “Hastes de Prova” de comprimento “ $b$ ” cada uma com uma distância “ $a$ ” entre elas. Para simplificação nos cálculos da Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ ) deve-se utilizar:  $b \leq 0,1a$ .

## 4.2.2 Medição da Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ )

- C1 e C2 = Fonte de corrente **I**
- P1 e P2 = Leitura da tensão **V**



Uma **corrente elétrica I** é injetada no **Ponto 1** pela **primeira haste** e coletada no **Ponto 4** da **última haste**. Esta corrente passa pelo solo entre os **Pontos 1 e 4** e produz uma **diferença de potencial V** entre os **Pontos 2 e 3**.

### 4.2.3 Cálculo da Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ )

Após as medições da corrente **I** entre os pontos 1 e 4 e da tensão **V** entre os pontos 2 e 3 aplica-se a fórmula a seguir para o cálculo da Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ ).

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot \left(\frac{V}{I}\right)}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

$R_T$  ←

Onde:

$R_T$  = Resistência de aterramento.

$a$  = distância entre as hastes.

$b$  = profundidade da haste no ponto 1.

Quando utiliza-se  $b \leq 0,1.a$ , pode-se **simplificar** os cálculos da **Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ )** aplicando a fórmula:

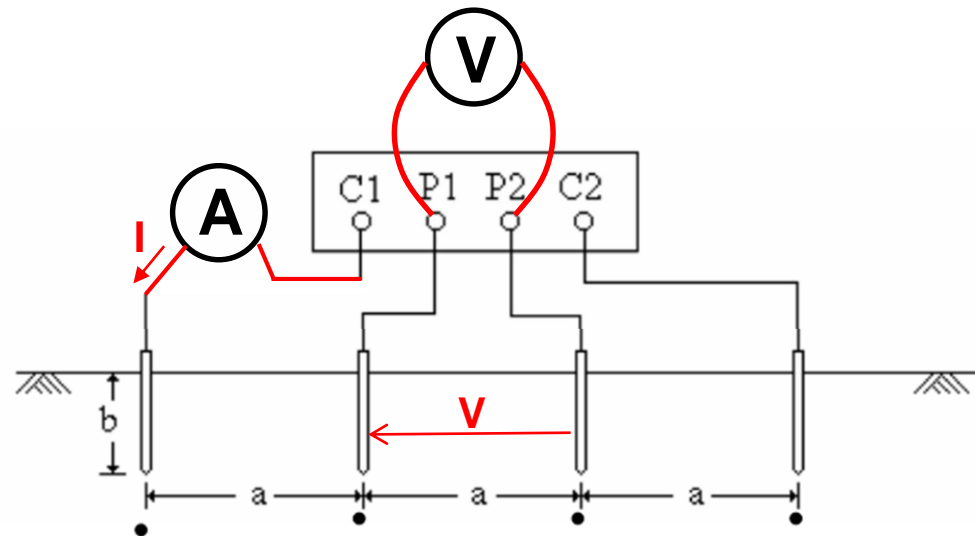
$$\rho_{(a)} = 2\pi.a (V/I)$$

$R_T$  ←



## 4.2.4 Exemplos de Cálculo da Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ )

1) O esquema de medição descrito por **Wenner**, que é aceito universalmente (desenvolvido pelo Dr. Frank Wenner do Bureau of Standards dos EUA em 1915 publicado no artigo F. Wenner, Um Método para Medir a Resistividade do Solo; Bull, National Bureau of Standards, Bull 12(4) 258, p. 478-496; 1915/16) é apresentado abaixo.



Considerando os valores de **b = 2,4 m** (comprimento da haste) e **a = 10 m** (espaçamento das hastes), calcular a **Resistividade do Solo** para leituras de **V = 10 V** e **I = 2 A**.

**Solução:** Como  $b > 0,1 \cdot a$  ( $2,4 \text{ m} > 1 \text{ m}$ ) o cálculo de  $\rho$  deve ser calculado pela **fórmula completa**.

$$\rho = \frac{4 \times \pi \times a \times \left(\frac{V}{I}\right) \leftarrow R_T}{1 + \frac{2 \times a}{\sqrt{a^2 + 4 \times b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \quad (\Omega \cdot m)$$

**Solução:**

$$\rho = \frac{4 \times \pi \times a \times \left(\frac{V}{I}\right) \overset{R_T}{\leftarrow}}{1 + \frac{2 \times a}{\sqrt{a^2 + 4 \times b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \Rightarrow \rho = \frac{4 \times \pi \times 10 \times \left(\frac{10}{2}\right)}{1 + \frac{2 \times 10}{\sqrt{10^2 + 4 \times 2,4^2}} - \frac{10}{\sqrt{10^2 + 2,4^2}}} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \rho = \frac{628,32}{1 + \frac{20}{\sqrt{123,04}} - \frac{10}{\sqrt{105,76}}} \Rightarrow \boxed{\rho = 343,23(\Omega.m)}$$

Aplicando-se a **fórmula simplificada** nota-se que o **Erro%** é significativo neste caso.  
Ou seja:

$$\rho \approx 2 \times \pi \times a \times R_T \Rightarrow \rho \approx 2 \times \pi \times 10 \times \left(\frac{V}{I}\right) \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \rho \approx 2 \times \pi \times 10 \times \left(\frac{10}{2}\right) \Rightarrow \boxed{\rho \approx 314,16(\Omega.m)}$$

**Erro %:**

$$Erro\% = \left| \frac{(343,23 - 314,16)}{343,23} \right| \times 100\% \Rightarrow \boxed{Erro\% \approx 8,5\%}$$

## 4.2.4 Exemplos de Cálculo da Resistividade Aparente do Solo ( $\rho_a$ )

2) Considerando os valores de  $b = 2,4 \text{ m}$  (comprimento da haste) e  $a = 30 \text{ m}$  (espaçamento das hastes) para o exemplo anterior, calcular a **Resistividade do Solo** para as mesmas leituras de  $V$  e de  $I$ .

**Solução:** Como  $b \leq 0,1.a$  ( $2,4 \text{ m} < 3 \text{ m}$ ) o cálculo de  $\rho$  pode ser feito pela fórmula simplificada dada abaixo. Então:

$$\rho \approx 2 \times \pi \times a \times R_T \Rightarrow \rho \approx 2 \times \pi \times 30 \times \left(\frac{V}{I}\right) \Rightarrow \\ \Rightarrow \rho \approx 2 \times \pi \times 30 \times \left(\frac{10}{2}\right) \Rightarrow \boxed{\rho \approx 942,48 (\Omega.m)}$$

Aplicando-se a **fórmula completa** nota-se que o **Erro%** não será significativo neste caso. Ou seja:

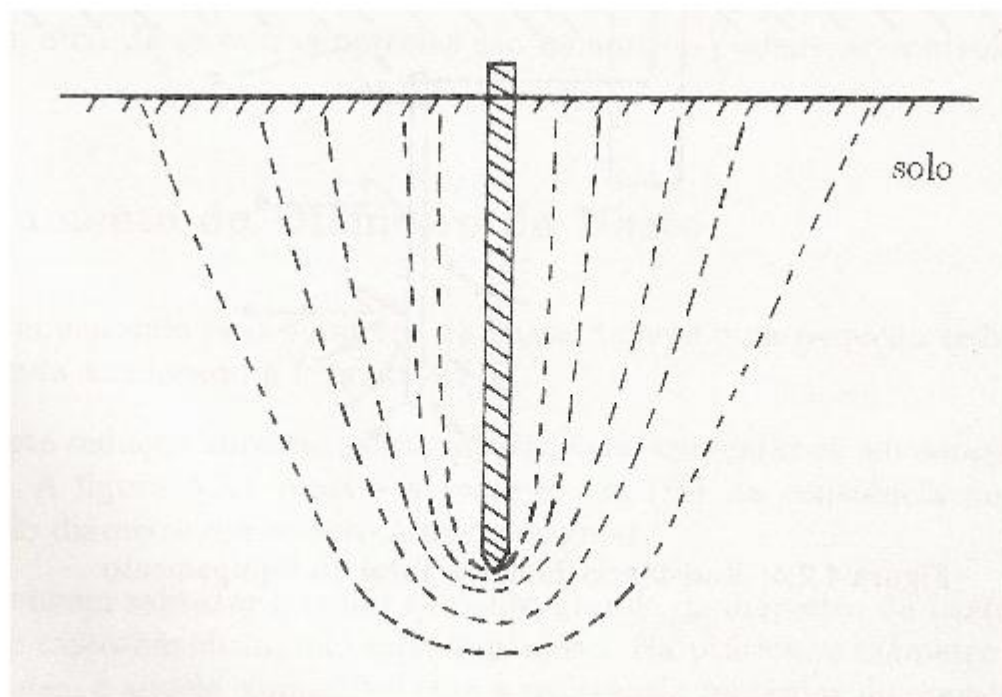
$$\rho = \frac{4 \times \pi \times a \times \left(\frac{V}{I}\right)}{1 + \frac{2 \times a}{\sqrt{a^2 + 4 \times b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \Rightarrow \rho = \frac{4 \times \pi \times 30 \times \left(\frac{10}{2}\right)}{1 + \frac{2 \times 30}{\sqrt{30^2 + 4 \times 2,4^2}} - \frac{30}{\sqrt{30^2 + 2,4^2}}} \Rightarrow \\ \Rightarrow \rho = \frac{1884,95}{1 + \frac{60}{\sqrt{923,04}} - \frac{30}{\sqrt{905,76}}} \Rightarrow \boxed{\rho = 952,87 (\Omega.m)}$$

Erro %:

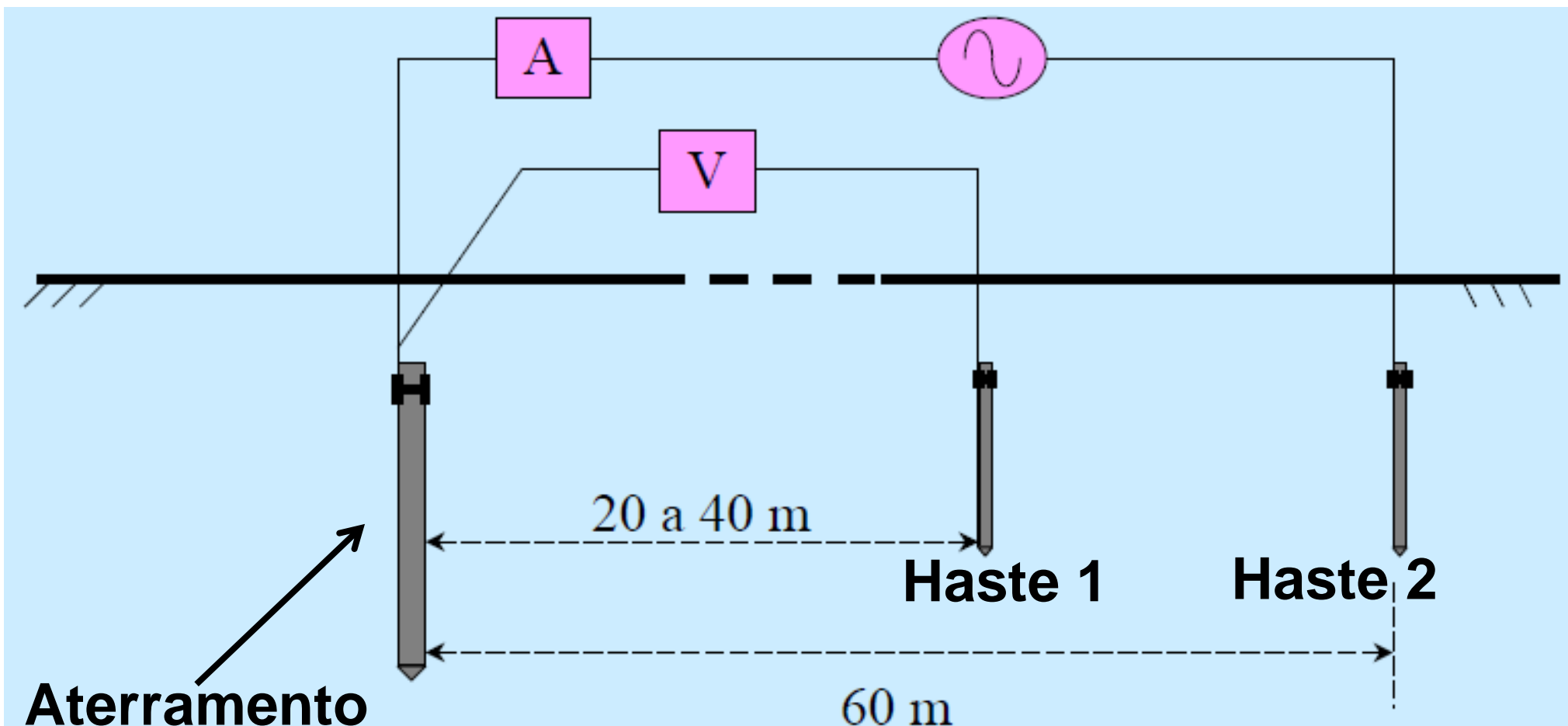
$$Erro\% = \left| \frac{(952,87 - 942,48)}{952,87} \right| \times 100\% \Rightarrow \boxed{Erro\% \approx 1\%}$$

## 4.3 Medição e Cálculo da Resistência de Terra

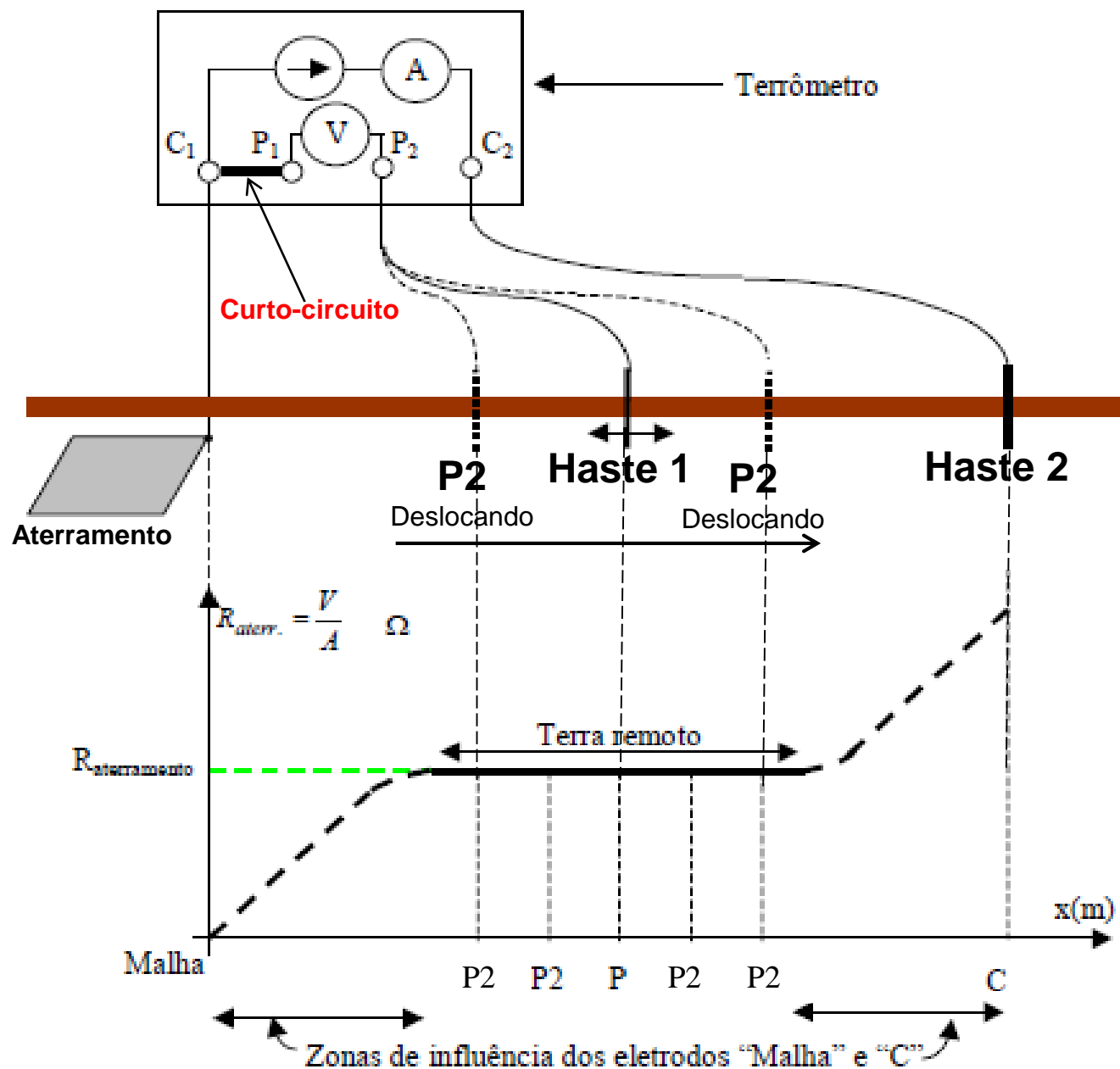
Quando uma corrente é injetada num eletrodo de aterramento aparecem a redor dele e ao longo do solo, gradientes de potencial distribuídos radialmente conforme figura \_\_\_\_\_. Esses gradientes têm valores mais elevados nas proximidades do eletrodo e diminuem com a distância. A zona de influência do eletrodo é então determinada pela região onde o potencial varia com a injeção de corrente.



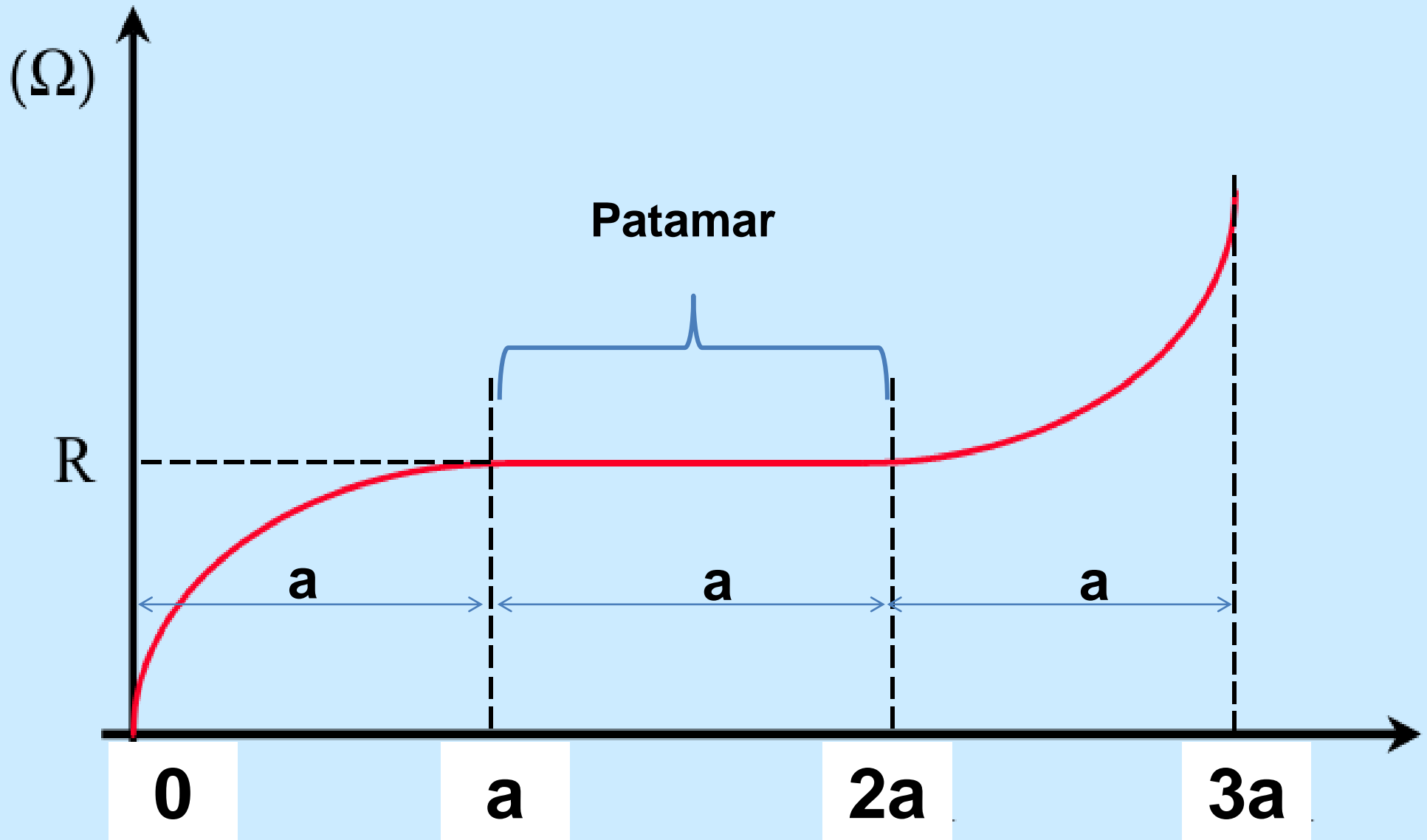
## 4.3.1 Medição da Resistência de Terra



## 4.3.1 Medição da Resistência de Terra



## 4.3.1 Medição da Resistência de Terra



### 4.3.2 Cálculo da Resistência de Terra

Após a medição da corrente **I** no amperímetro entre **C1** e **C2** e da tensão **V** no voltímetro entre **P1** e **P2**, aplica-se a fórmula a seguir para o cálculo da **Resistência de Aterramento**.

$$R = \frac{V}{I} (\Omega)$$

Se a Resistividade  **$\rho$**  for conhecida (medida e calculada) bem como o espaçamento entre as hastes (**a**) e o comprimento (**b**) das mesmas, pode-se calcular a Resistência de Terra **R** pela fórmula a seguir:

$$R = \frac{\rho}{4 \times \pi} \left[ \frac{1}{a} + \frac{2}{\sqrt{a^2 + 4 \times b^2}} - \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right] (\Omega)$$

Onde:

R = Resistência de aterramento.

a = distância entre as hastes.

b = comprimento da haste.



### 4.3.3 Exemplo de Cálculo da Resistência de Terra

Considerando os valores da tabela abaixo, o comprimento das hastes igual a **2,4 m** e o espaçamento entre as mesmas seja de **10 m**, calcular a Resistência de Terra  **$R_T$**  quando o solo for areia molhada.

Tipo de Solo e Respectiva Resistividade	
Tipo de Solo	Resistividade [ $\Omega \cdot m$ ]
Lama	5 a 100
Terra de jardim com 50% de umidade	140
Terra de jardim com 20% de umidade	480
Argila seca	1500 a 5000
Argila com 40% de umidade	80
Argila com 20% de umidade	330
Areia molhada	1300
Areia seca	3000 a 8000
Calcário compacto	1000 a 5000
Granito	1500 a 10000

$$R = \frac{\rho}{4 \times \pi} \left[ \frac{1}{a} + \frac{2}{\sqrt{a^2 + 4 \times b^2}} - \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right] \Rightarrow R = \frac{1300}{4 \times \pi} \left[ \frac{1}{10} + \frac{2}{\sqrt{10^2 + 4 \times 2,4^2}} - \frac{1}{\sqrt{10^2 + 2,4^2}} \right] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \boxed{R = 1,94 (\Omega)}$$

## 4.4 Definição da Configuração do Aterramento desejado

A configuração do sistema de aterramento dependerá de alguns fatores dentre os quais salientamos o local escolhido, o valor da resistência de terra que se quer obter e o tipo de solo.

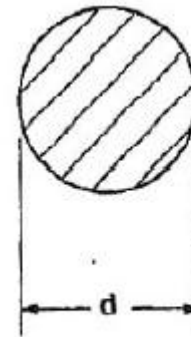
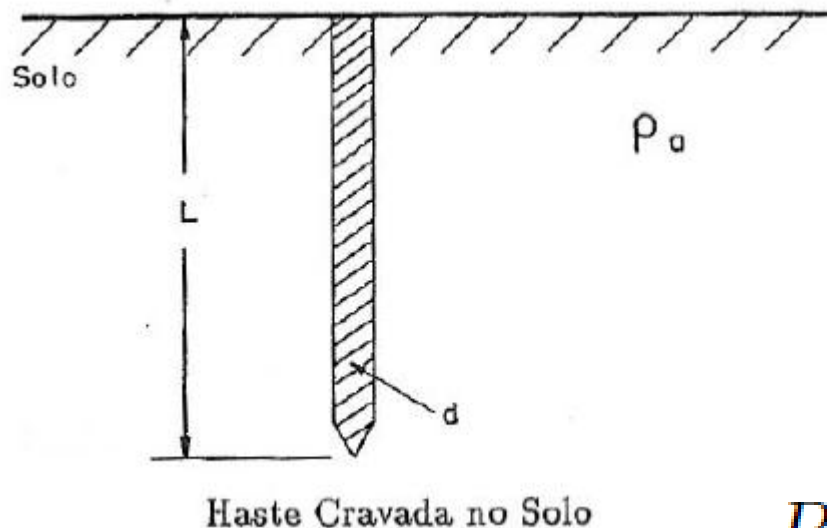
A configuração escolhida (linha, triângulo, quadrado, círculo ou malha) demandará a aplicação de um **índice de redução K** para o cálculo do valor da **Resistência de Terra Equivalente** do arranjo.

Este conteúdo deve ser tratado em disciplina específica de **SISTEMAS DE ATERRAMENTO**.

## 4.5 Dimensionamento do Sistema de Aterramento

O cálculo exato da resistência de aterramento requer desenvolvimentos analíticos, que podem ser mais simples ou mais complicados, conforme a configuração dos eletrodos. Para uma haste temos que:

### Uma Haste Vertical

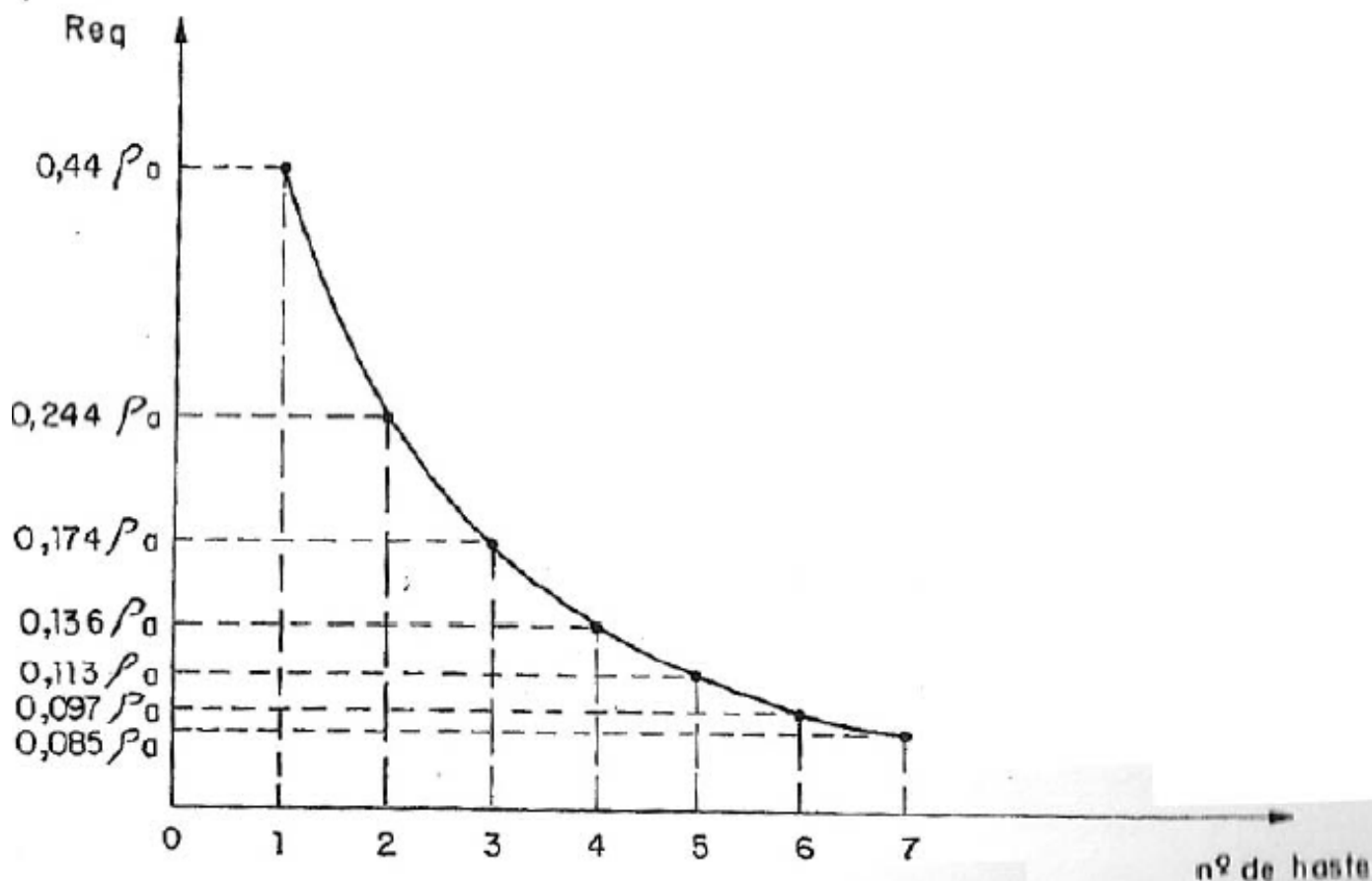


Secção Transversal da Haste Circular e em Cantoneira

$$R_{1\text{haste}} = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln \left( \frac{4L}{d} \right) [\Omega]$$

## 4.5 Dimensionamento do Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento que utiliza **hastes em linha** com **espaçamentos de 3 metros** entre elas, sendo  $\frac{1}{2}$  `` (0,0127 m) o **diâmetro das hastes**, apresenta uma variação na **Resistência do Aterramento** em função do número de haste utilizada. O gráfico a seguir é aplicado a esta situação descrito acima.



Curva  $R_{eq}$  x N<sup>o</sup> de Hastes em Paralelo

## 5. Redução da Resistência de Terra

Analisando-se a fórmula da resistência, podem-se saber os parâmetros que influenciam na redução do valor da resistência da mesma.

1. Aumento do diâmetro da haste.
2. Aumento do comprimento da haste.
3. Redução da  $\rho_a$  utilizando tratamento químico.

$$R_{1\text{haste}} = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln \left( \frac{4L}{d} \right)$$

## 5. Redução da Resistência de Terra

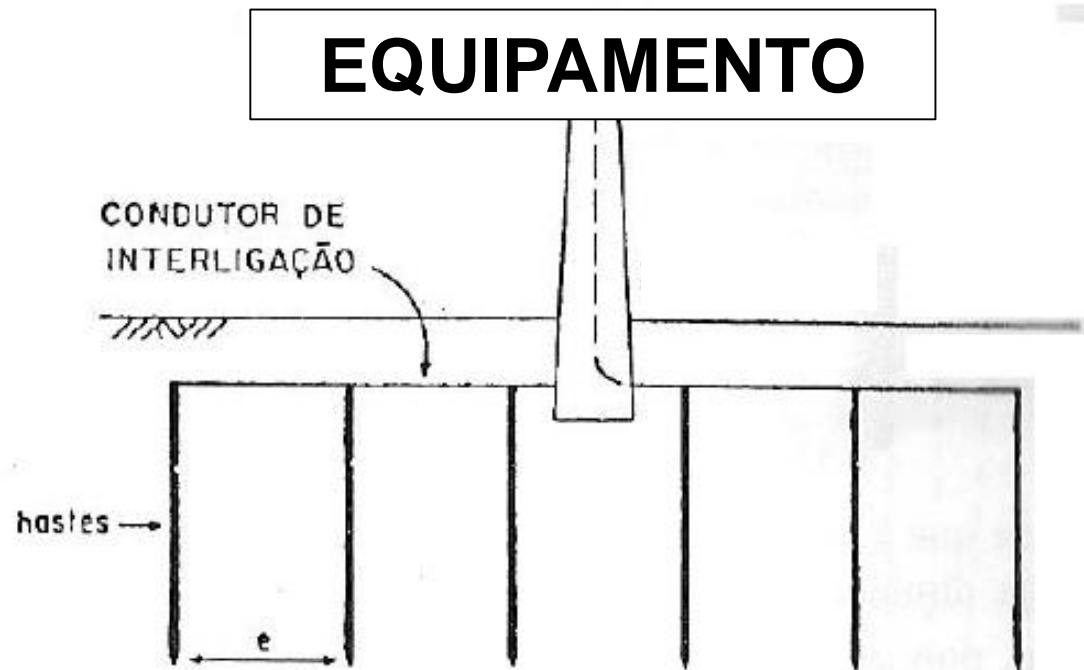
A resistência total de um aterramento é composta por:

- a) resistência da conexão do cabo de ligação com o equipamento.
- b) impedância do cabo da ligação.
- c) resistência da conexão do cabo de ligação com o sistema de aterramento empregado.
- d) resistência da haste.
- e) resistência de contato da haste com a terra.
- f) resistência da terra circunvizinha.

Desse total, a última parcela que é a resistência de terra, é a mais importante. Seu valor é mais significativo e depende do solo e das condições climáticas.

## 5. Redução da Resistência de Terra

As hastes em paralelo **ajudam a diminuir a resistência do aterramento**. Neste caso, as hastes são interconectadas por um condutor de ligação (normalmente um cabo de **cobre nu**), que devem ficar cerca de **50 cm abaixo do nível do solo**.



Hastes Alinhadas em Paralelo

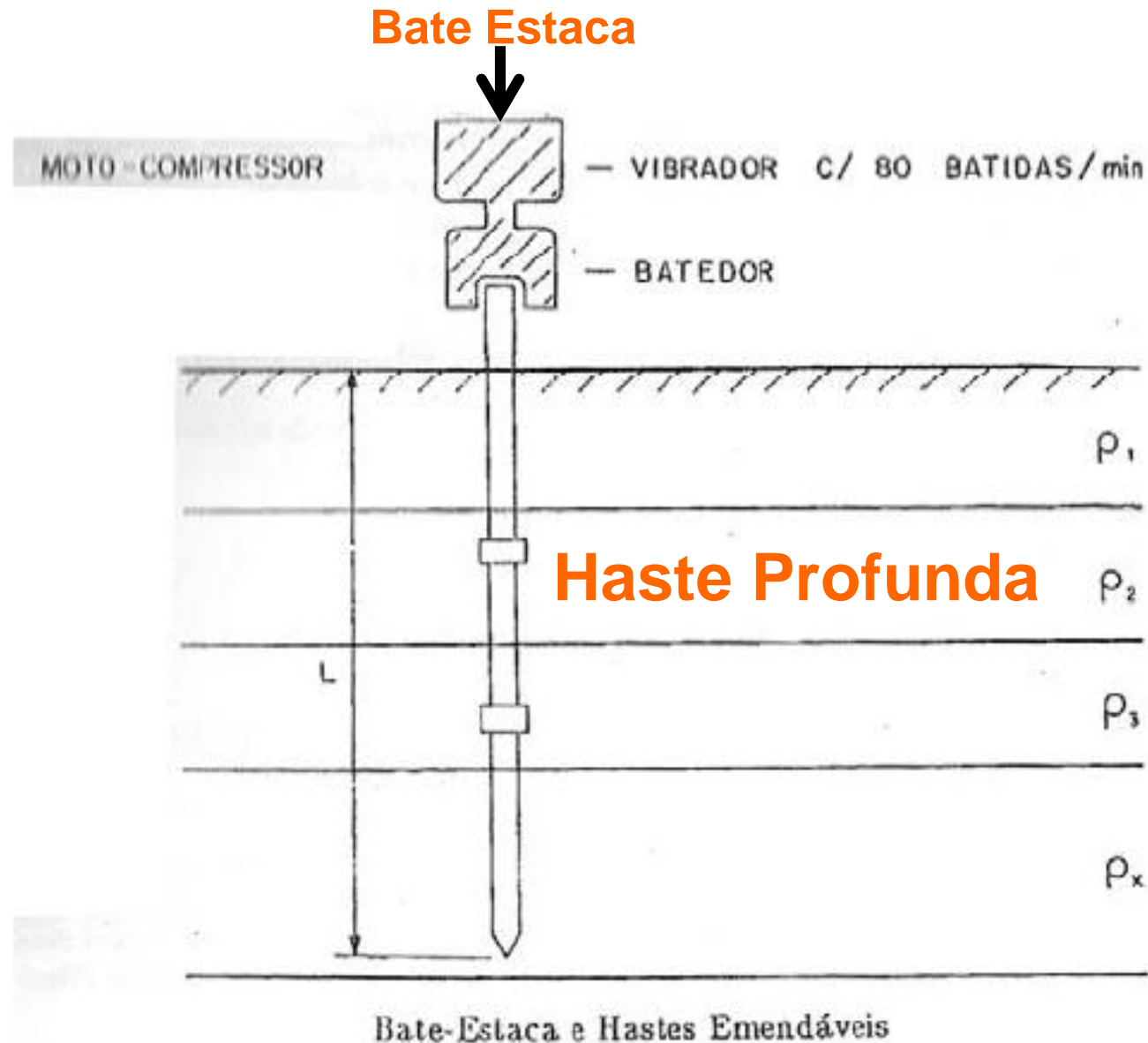
## 5. Redução da Resistência de Terra

Na utilização de **Hastes Profundas**, vários fatores ajudam a melhorar a qualidade do aterramento.

1. Aumento do comprimento da haste.
2. Camadas mais profundas com resistividade menores.
3. Condição de água presente estável ao longo do tempo.



## 5. Redução da Resistência de Terra



## 6. Passos para Instalação de Sistema de Aterramento

### Passo 1

Com o auxílio da cavadeira, abra uma vala com diâmetro e profundidade suficientes para o encaixe da caixa de inspeção.



### Passo 2

Acomode a caixa de inspeção no solo aplicando terra ao seu redor de modo a deixá-la totalmente firme e encaixada no chão.



## Passo a Passo

### Passo 3

Preencha a vala com água para umedecer o solo. Isso facilitará a aplicação da haste cobreada de 2,40 m.



### Passo 4

Utilizando muita força nas mãos, exerça pressão para cravar a haste cobreada no centro do diâmetro da caixa de inspeção.



## Passo a Passo

### Passo 5

Retire a haste e repita os passos três e quatro até conseguir introduzi-la quase por completo no solo. Complete a cravação com golpes de marreta, interpondo entre ela e a haste um pedaço de madeira



### Passo 6

A haste deverá ser fixada até a metade da altura da caixa de inspeção.





## Passo a Passo

### Passo 7

Passe o condutor de aterramento (fio terra) pelos tubos (eletrodutos) até chegar à caixa de inspeção.



### Passo 8

Com uma ferramenta apropriada, faça a conexão do cabo à haste.



### Passo 9

Preencha a caixa de inspeção com brita até uma altura onde ainda seja possível visualizar o conector. O uso da pedra brita evitará que alguém inadvertidamente jogue concreto dentro da caixa, tornando o acesso ao conector e à haste impossíveis. Além disso, a brita ajudará a manter a umidade do solo próximo à haste.



## Passo a Passo

### Passo 10

Finalize fechando a caixa de inspeção com a tampa.



### Passo 11

Com o auxílio de ferramenta adequada, faça a conexão do condutor de aterramento à caixa de entrada (caixa do medidor).



### Passo 12

A partir desse ponto, derive um novo condutor (que agora passa a se chamar condutor de proteção) para ser conectado ao barramento do quadro de distribuição.





## Passo a Passo

### Passo 13

No quadro de distribuição, conecte o condutor de proteção no barramento de terra de onde sairão os demais fios terra a serem conectados aos pontos de eletricidade distribuídos pela residência.



### Passo 14

Com o auxílio da chave de boca, finalize o serviço conectando o fio terra no terminal de terra das tomadas.

