

FLUKE®

1625

Earth/Ground Tester

Manual de Introdução

PN 2560348

January 2006 (Portuguese)

© 2006 Fluke Corporation, All rights reserved. Printed in USA
All product names are trademarks of their respective companies.

GARANTIA LIMITADA E LIMITAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Todos os produtos da Fluke são garantidos contra defeitos de material e de mão-de-obra, sob condições de uso e serviço normal. O período de garantia é de dois anos, a partir da data de remessa do produto. As peças, reparos do produto, e serviços são garantidos por 90 dias. Esta garantia aplica-se apenas ao comprador original, ou ao cliente usuário-final de um revendedor autorizado da Fluke, e não cobre fusíveis, baterias descartáveis, nem qualquer produto que, na opinião da Fluke, tenha sido usado de forma inadequada, alterado, contaminado, ou tenha sido danificado por acidente ou condições anormais de operação ou manuseio. A Fluke garante que o software funcionará de acordo com as suas especificações técnicas pelo período de 90 dias, e que foi gravado de forma adequada em meio físico sem defeitos. A Fluke não garante que o software não apresentará erros nem que funcionará ininterruptamente.

Os revendedores Fluke autorizados devem conceder esta garantia somente para produtos novos e não-usados, mas não estão autorizados a ampliá-la ou modificá-la de qualquer forma em nome da Fluke. A assistência técnica coberta pela garantia está disponível se o produto houver sido adquirido de uma loja autorizada da Fluke, ou se o Comprador tiver pago o preço internacional aplicável. A Fluke reserva-se o direito de cobrar do Comprador os custos de importação das peças de reposição/reparo nos casos em que o produto tenha sido comprado em um país e remetido para reparos em outro país.

A obrigação da Fluke no tocante a esta garantia é limitada, a critério da Fluke, à devolução da importância correspondente ao preço pago pelo produto, a consertos gratuitos, ou à substituição de produto defeituoso que seja devolvido a um centro de assistência técnica autorizado Fluke dentro do período coberto pela garantia.

Para obter serviços cobertos pela garantia, entre em contato com o centro de assistência técnica autorizado Fluke mais próximo, ou remeta o produto, com uma descrição do problema encontrado e com frete e seguro pagos (FOB no destino), ao centro de assistência técnica mais próximo. A Fluke não se responsabiliza por nenhum dano que possa ocorrer durante o transporte. Após serem efetuados os serviços cobertos pela garantia, o produto será remetido de volta ao Comprador, com frete pago (FOB no destino). Se a Fluke constatar que a falha do produto foi causada por negligência, uso inadequado, contaminação, alterações, acidente, ou condições anormais de operação ou manuseio, inclusive falhas devidas a sobretensão causadas pelo uso do produto fora das faixas e classificações especificadas, ou pelo desgaste normal de componentes mecânicos, a Fluke dará uma estimativa dos custos de reparo, e obterá autorização do Comprador antes de efetuar tais reparos. Após a realização dos reparos, o produto será remetido de volta ao Comprador com frete pago, e este reembolsará a Fluke pelos custos do reparo e da remessa (FOB no local de remessa).

ESTA GARANTIA É O ÚNICO E EXCLUSIVO RECURSO JURÍDICO DO COMPRADOR, E SUBSTITUI TODAS AS OUTRAS GARANTIAS, EXPRESSAS OU IMPLÍCITAS, INCLUINDO, MAS NÃO SE LIMITANDO A, QUALQUER GARANTIA IMPLÍCITA DE COMERCIALIZABILIDADE OU ADEQUAÇÃO PARA UM DETERMINADO FIM. A FLUKE NÃO SE RESPONSABILIZA POR NENHUM DANO OU PERDA, INCIDENTAL OU CONSEQUENTE, QUE POSSA OCORRER POR QUALQUER MOTIVO OU QUE SEJA DECORRENTE DE QUALQUER CAUSA OU TEORIA JURÍDICA.

Como alguns estados ou países não permitem a exclusão ou limitação dos termos de garantias implícitas, nem de danos incidentais ou consequentes, esta limitação de responsabilidade poderá não se aplicar ao seu caso. Se alguma provisão desta Garantia for considerada inválida ou inexecutável por algum tribunal ou outro órgão de jurisdição competente, tal decisão judicial não afetará a validade ou exequibilidade de nenhuma outra provisão.

Fluke Corporation
P.O. Box 9090
Everett, WA 98206-9090, EUA.
EUA

Fluke Europe B.V.
P.O. Box 1186
5602 BD Eindhoven
Holanda

Índice

Cargo	Página
Introdução	1
Descrição dos elementos operacionais	3
Descrição dos elementos do visor	5
Procedimentos de medição	6
Funções de LIGAÇÃO	7
Operação	8
Verificação de conexão de medição adequada (designação de soquete)	8
Medições de controle de segurança	9
Medição de interferência: tensões e frequências	9
Medição de resistência de aterramento	10
Medição de resistência de aterramento em 3 e 4 pólos	11
Medição de resistências de eletrodos de aterramento individuais em malhas de aterramento com método seletivo e alicate	14
Medição de resistências de eletrodos de aterramento de ponto único em 3 e 4 pólos	15
Medições em postes de alta tensão	17
Compensação do terminal de conexão do eletrodo de aterramento	20
Medição da resistividade do solo	21
Medições de resistência	23
Medição de resistência ($R_{\sim}$)	23
Medição de resistência ($R_{\rightarrow}$)	24
Compensação da resistência do terminal de medição	26
Descrição dos visores	27
Testes de resistência de aterramento sem o uso de hastes	31
Introdução	31
Princípios de operação	32
Operação	34
Definições no testador	35
Aplicações	36

Lista das tabelas

Tabela	Cargo	Página
1.	Descrição dos visores.....	27

Lista das figuras

Figura	Cargo	Página
1.	Testador de aterramento e proteção elétrica Fluke 1625	2
2.	Elementos operacionais	3
3.	Elementos do visor.....	5
4.	Medição de interferência: tensões e frequências	10
5.	Medição de resistências de aterramento - Método	11
6.	Medição de resistência de aterramento em 3 e 4 pólos - processo.....	12
7.	Resistência de aterramento - valor máximo aceitável	13
8.	Medição de resistência de eletrodo de aterramento de ponto único em sistemas de malhas de aterramento	14
9.	Medição de resistência de eletrodos de aterramento de ponto único em 3 e 4 pólos - Processo	15
10.	Medição da resistência de aterramento sem desmontar a linha de aterramento aérea.....	18
11.	Compensação do terminal de conexão do eletrodo de aterramento.....	20
12.	Medição da resistividade do solo	21
13.	Medição de resistência ($R_{\sim}$).....	24
14.	Medição de resistência ($R_{\sim\sim}$)	25
15.	Avaliação do valor medido	26
16.	Compensação da resistência do terminal de medição	26

Earth/Ground Tester

Introdução

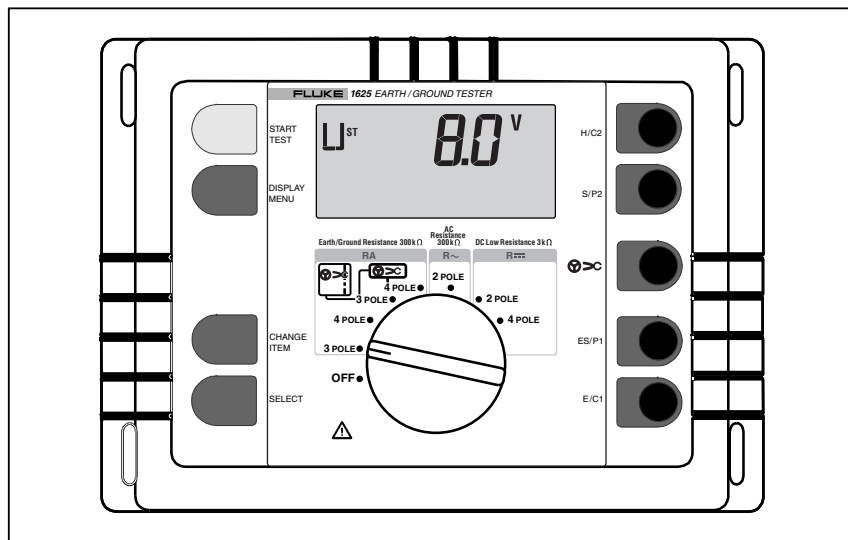
Em instalações de produção, distribuição e consumo de energia elétrica, é necessário tomar certas medidas de segurança para proteger a vida humana. Em muitos casos, essas medidas são definidas por regulamentações nacionais e internacionais que requerem verificações regulares. O aterramento, que consiste na ligação à terra de peças e elementos condutivos expostos, caso ocorra alguma falha, é a principal medida de segurança. Existem regulamentos para o aterramento de transformadores, postes elétricos de alta e média tensão, trilhos ferroviários, tanques, reservatórios, fundações e sistemas de proteção contra raios.

A eficácia dos sistemas de aterramento precisa ser verificada por meio de instrumentos de testes de aterramento, como o 1625, que verifica se as conexões à terra estão funcionando de forma eficaz. O 1625 é uma solução perfeita, pois incorpora tecnologia de ponta, além de durabilidade e resistência para uso em campo, tudo em um único instrumento extremamente fácil de usar. Além de efetuar medições de resistência de aterramento padrão de 3 e 4 pólos, esse instrumento proporciona um processo inovador para medir com exatidão as resistências de eletrodos de aterramento individuais em sistemas de aterramento de ponto único ou em malha, sem necessidade de desconectar nenhum eletrodo paralelo. Uma aplicação específica dessa capacidade consiste na medição rápida e precisa de aterramentos de postes elétricos. O 1625 também tem capacidade de controle automático de frequência (AFC), o que minimiza a interferência. Antes de efetuar medições, o instrumento identifica a interferência existente e seleciona uma frequência de medição que minimize seu efeito. O 1625 oferece medições automaticamente controladas por microprocessador, inclusive com conexão para sonda de verificação, de modo a garantir que as medições sejam efetuadas corretamente. Ele permite medir todas as resistências de aterramento da sonda assegurando a obtenção de resultados confiáveis e reproduzíveis. A resistência da sonda e a resistência do aterramento auxiliar também são medidas e indicadas no visor.

Observações

- Os termos aterramento e ligação à terra são usados de forma intercambiável neste manual.
- Para poder efetuar medições de resistência de aterramento sem hastes, é necessário adquirir o EI-1625. (O EI-162, por padrão, vem incluído no Kit 1625 Kit). Consulte o Apêndice A para ver todas as informações relacionadas à operação, inclusive as especificações.
- Algumas medições específicas são descritas na seção principal deste manual.

A Figura 1 mostra o testador de aterramento e proteção elétrica Fluke 1625:



edw001.eps

Figura 1. Testador de aterramento e proteção elétrica Fluke 1625

Descrição dos elementos operacionais

A Figura 2 apresenta os elementos operacionais descritos a seguir.

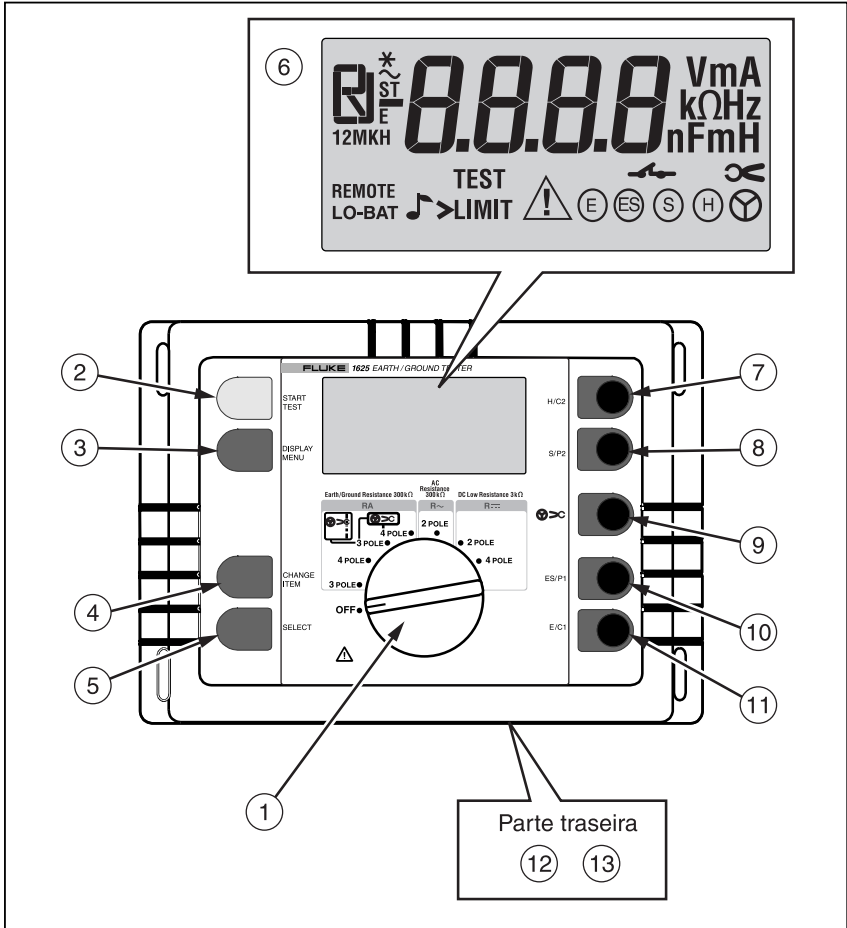


Figura 2. Elementos operacionais

eha006.eps

- ① Botão seletor central funciona como seletor de função de medição e como interruptor LIGA/DESLIGA.
- ② Botão “START TEST” (iniciar teste), para iniciar a função de medição definida.

- ③ Botão “DISPLAY MENU” (exibir menu) serve para chamar valores suplementares correspondentes.
- ④ Botão “CHANGE ITEM” (mudar item) para mudar os valores de entrada de ponto de ajuste.
- ⑤ Botão “SELECT” (selecionar) para selecionar o dígito a ser alterado.
- ⑥ Unidade do visor, dígitos em cristal líquido com 18 mm de altura, ponto decimal automático e iluminação ativa.
- ⑦ A conexão do soquete $\textcircled{\text{H}}$ (eletrodo de aterramento auxiliar) (4 mm de $\varnothing$) também pode ser usada com o terminal de medição de segurança
- ⑧ A conexão do soquete $\textcircled{\text{S}}$ (sonda) (4 mm de $\varnothing$) também pode ser usada com o terminal de medição de segurança.
- ⑨ Soquete de conexão para transformador de corrente externo (opcional).

⚠ Cuidado

Não é permitida a presença de tensão nos soquetes

$\textcircled{\text{E}}$ $\textcircled{\text{ES}}$ $\textcircled{\text{S}}$ $\textcircled{\text{H}}$.

- ⑩ A conexão do soquete $\textcircled{\text{ES}}$ (sonda de aterramento) (4 mm de $\varnothing$) também pode ser usada com o terminal de medição de segurança Potencial de seleção com medição de aterramento de 4 pólos.
- ⑪ A conexão do soquete $\textcircled{\text{E}}$ (eletrodo de aterramento) (4 mm de $\varnothing$) também pode ser usada com o terminal de medição de segurança.

⚠ Atenção

Não aplicar força ao abrir ou fechar o instrumento!

- ⑫ Compartimento de pilhas para: 6 pilhas IEC LR6 ou tipo AA.

⚠ Cuidado

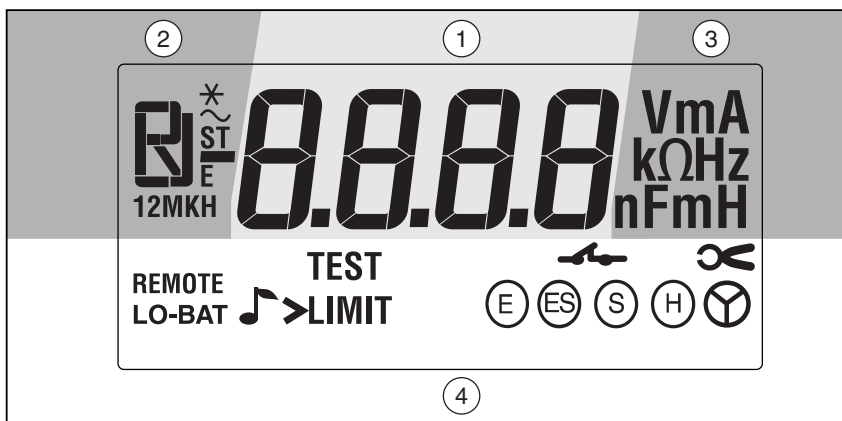
Desconectar todos os terminais antes de abrir o instrumento!

- ⑬ Parafusos para prender a tampa do compartimento das pilhas.

Descrição dos elementos do visor

O visor (Figura 3) é composto de quatro elementos:

1. Visor digital indicador do valor medido
2. Campo indicador da função de medição
3. Campo da unidade de medida: V, Ω , k Ω , Hz
4. Caracteres especiais para orientação do operador

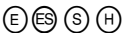


edw008.eps

Figura 3. Elementos do visor

Descrição dos símbolos do visor:

U_{ST}	Tensão de interferência (CA + CC)
F_{ST}	Frequência da tensão de interferência
F_M	Frequência da tensão de medição
U_M	Limite da tensão de medição de 20/48 V
R_E	Resistência de aterramento
R_H	Resistência do eletrodo de aterramento auxiliar
R_S	Resistência da sonda
R_K	Resistência de compensação
R_1, R_2	Medição de baixa tensão com indicação de polaridade

R ~	Resistência CA
R*	Impedância de aterramento (frequência de medição 55 Hz)
AFC	Controle automático de frequência
TEST	Seqüência de medição em andamento
LIMIT	Valor limite
> LIMIT	Valor limite ultrapassado
	Detecção de soquete
	Detecção de soquete de transformador de corrente
	Advertência sonora (bipe) de limite ultrapassado
LO-BAT	Tensão das pilhas muito baixa; trocar as pilhas.
REMOTE	Interface (opcional) ativa – a operação por botão está travada
	Circuito de medição (E-S,E-H) interrompido ou valor medido instável

Cuidado

Consultar as instruções de uso.

Procedimentos de medição

Cuidado

Usar o instrumento somente em sistemas sem tensão.

1. Escolha a função de medição colocando o botão seletor central ①.
2. Pressionar o botão START (iniciar) não iniciará nenhum teste se não houver terminal de medição ligado ao instrumento.
3. Inicie as medições pressionando o botão “START TEST” (iniciar teste).
4. Veja no visor a indicação do valor medido.

Para obter o máximo desempenho e aproveitamento da capacidade do dispositivo, observe o seguinte:

Funções de LIGAÇÃO

Ao ligar o instrumento girando o botão seletor central pode-se acessar certas condições de operação pressionando certas combinações de botões:

a) Modo Standard

Se o dispositivo for ligado sem nenhuma seleção de controle de botão, ele entra no modo de economia de energia (com o visor em modo de espera, indicando “---”) durante cerca de 50 segundos após o término de uma medição, ou após um dos botões ser pressionado ou do seletor ser girado. Pressionar o botão “DISPLAY MENU” (exibir menu) reativa o instrumento; os últimos valores medidos são reapresentados. Após 50 minutos de inatividade, o visor se desliga totalmente. O instrumento pode ser religado colocando o botão seletor na posição ON/OFF (liga/desliga)

b) Desativação do modo de espera

Pressionar simultaneamente os botões “DISPLAY MENU” (exibir menu) e “CHANGE ITEM” (mudar item) impede que o instrumento se desligue automaticamente (após o modo de espera). O modo de economia de energia é reativado quando o botão seletor central é colocado na posição ON/OFF (liga/desliga).

c) Teste prolongado do visor

Ao pressionar o botão “DISPLAY MENU” (exibir menu) ao ligar o instrumento, o teste do visor pode ser prolongado pelo período desejado. Para voltar ao modo de operação Standard, basta pressionar qualquer botão ou girar o seletor central.

d) Número da versão de software

Ao pressionar o botão “SELECT” (selecionar) durante a sequência de ligação, o número da versão do software aparece no visor. Ao pressionar o botão “DISPLAY MENU” (exibir menu), pode-se passar para a indicação da data da última calibração. Esta sequência de exibição é desativada ao se mudar a posição do botão seletor ou ao se pressionar o botão “START TEST” (iniciar teste).

Formato de exibição:	Versão do software:	X. X X
	Data de calibração:	M M . J J

Observação

*Os instrumentos são remetidos com data de calibração 0,00.
Somente após a primeira calibração a data propriamente dita
é indicada.*

e) Ativação da iluminação do visor

Ao pressionar o botão “CHANGE ITEM” (mudar item) durante a sequência de ligação a iluminação do visor é ativada. A intensidade da luz diminui automaticamente se o instrumento for colocado no modo “Stand by” (modo de espera); a iluminação é ativada novamente quando o instrumento é ligado. O instrumento só é desligado quando o botão seletor central é colocado na posição ON/OFF (liga/desliga).

Operação

As funções de medição têm dois modos iniciais de operação: o ciclo de controle e o ciclo de medição. O apresentado a seguir refere-se ao ciclo de medição.

Ciclo de medição

Para entrar neste ciclo, pressione o botão “START TEST” (iniciar teste). Após soltar o botão “START TEST”, o valor da última medição é apresentado no visor. Pode-se ver todos os valores suplementares pressionando o botão “DISPLAY MENU” (exibir menu) repetidamente. Se um valor medido estiver acima ou abaixo de um limite predefinido, o limite também poderá ser exibido (com “DISPLAY MENU”). Nesse caso, o valor aparece piscando, enquanto o valor limite aparece sem piscar.

No ciclo de medição, não é possível mudar parâmetros.

Outras opções de operação dos botões:

O aviso sonoro (🔊) pode ser cancelado com o botão “DISPLAY MENU” (com troca da exibição), “CHANGE ITEM” ou “SELECT” (sem troca de exibição).

Verificação de conexão de medição adequada (designação de soquete)

O instrumento efetua uma verificação automática de acordo com a medição selecionada, para verificar se estão sendo usados os soquetes de entrada corretos.

Os símbolos (E) (ES) (S) (H) e  no visor correspondem a um soquete específico mostrado na Figura 4.

De acordo com o modo em que os símbolos são exibidos, pode-se deduzir que fios estão conectados, da seguinte forma:

- Fio ligado incorretamente no soquete (ou não ligado): o símbolo correspondente pisca.
- Fio ligado corretamente no soquete: o símbolo correspondente não pisca, fica aceso de forma constante
- Soquete não conectado: símbolo correspondente em branco

Medições de controle de segurança

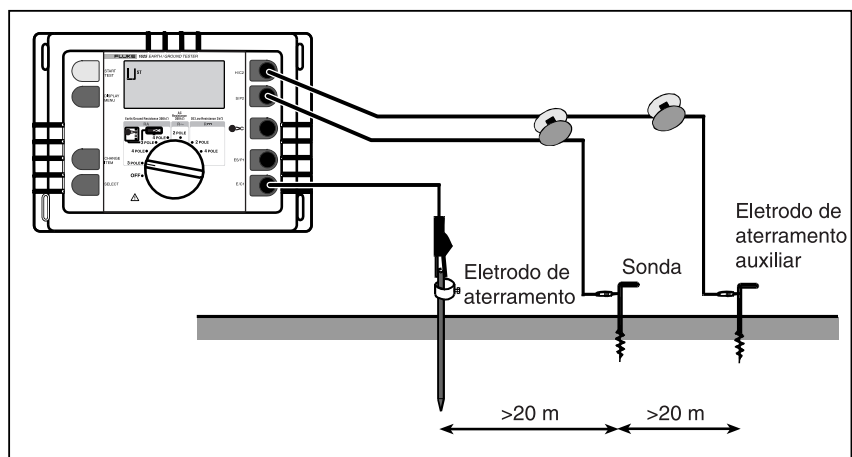
Antes de cada medição, o instrumento verifica automaticamente as condições de operação e, além de indicar o tipo de erro, nas seguintes condições ele impede que a medição seja iniciada:

- Excesso de tensão nos soquetes ($> 24 \text{ V}$ em RE e R~; $> 3 \text{ V}$ em R $\overline{\text{---}}$).
- Conexão incorreta ou incompleta.
- Problemas durante a sequência de medição (o visor indica “E1... E5”); ver a descrição do visor na seção ‘Procedimentos de medição’.
- Tensão muito baixa das pilhas (o visor indica LO-BAT).

Medição de interferência: tensões e frequências

Esta função de medição detecta possíveis tensões de interferência e as respectivas frequências. Esta função é automaticamente ativada em todas as posições do seletor, antes de medições de aterramento ou resistência. Se algum valor predefinido for ultrapassado, a tensão de interferência será indicada como muito alta, e a medição será automaticamente impedida. A frequência de uma tensão de interferência só pode ser medida se for maior que 1 V. Ver a Figura 4.

Coloque o botão seletor central na posição desejada, veja o valor medido da tensão de interferência; o valor medido da frequência de interferência é indicado através de “DISPLAY”.



eha010.eps

Figura 4. Medição de interferência: tensões e frequências

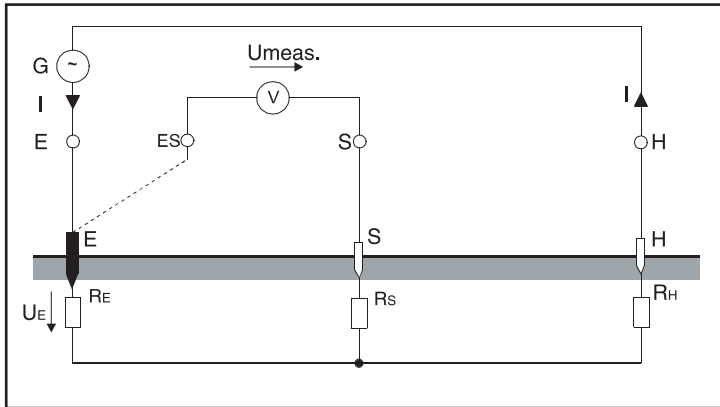
Medição de resistência de aterramento

Este instrumento oferece capacidade para medição de resistência em 3 e 4 pólos, possibilitando medir a resistência de sistemas de aterramento bem como a resistividade do solo do extrato geológico. Descrições específicas das diversas aplicações são apresentadas mais adiante neste manual. Como função especial, o instrumento possibilita efetuar medições com transformador de corrente externo, o que permite medir ramificações individuais de resistência em redes interligadas (sistemas de pára-raios e postes de alta tensão com cabos), sem necessidade de isolar partes do sistema.

Para garantir a melhor supressão de interferência durante as medições, o instrumento oferece 4 frequências de medição (94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz) com comutação automática, se necessário (AFC). A frequência de medição correspondente usada para determinada medição pode ser chamada e exibida através de “DISPLAY MENU”, após a medição ser feita. Além disso, pode-se selecionar uma das quatro frequências de medição e defini-la permanentemente, em casos especiais. Nesse caso, para estabilizar a exibição no visor, pode-se ver a média da medição que é feita durante 1 minuto quando se mantém o botão “START TEST” (iniciar teste) pressionado.

Para determinar a impedância do aterramento (R^*), é efetuada uma medição em frequência próxima à das linhas de alimentação (55 Hz). Quando R^* é ativada por meio do código do usuário, essa frequência de medição é ativada automaticamente.

Para que o instrumento seja fornecido no estado mais simples possível, todas as funções especiais, como entrada de limite, programação do aviso sonoro (bíper), medição de impedância de aterramento (R^*) etc. não são ativadas na fábrica. Elas podem ser ativadas usando-se o código personalizado do usuário (veja “Como mudar todos os dados predefinidos por meio do código personalizado”). Veja a Figura 5.

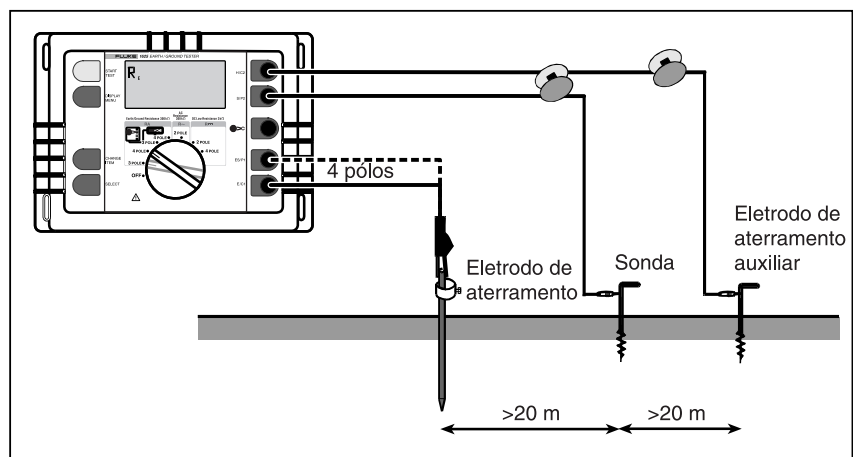


eha011.eps

Figura 5. Medição de resistências de aterramento - Método

Medição de resistência de aterramento em 3 e 4 pólos

Esta função de medição mede as resistências de aterramento e dissipação de aterramento de eletrodos de aterramento individuais, eletrodos de aterramento de fundação, e outros sistemas de aterramento, e usa duas hastes de ligação à terra. Veja a Figura 6.



eha012.eps

Figura 6. Medição de resistência de aterramento em 3 e 4 pólos - processo

1. Gire o botão seletor central até a posição “ R_E 3pole” ou “ R_E 4pole”

As ligações do instrumento devem ser feitas de acordo com a figura abaixo e as instruções apresentadas no visor.

Quando os símbolos dos soquetes $\textcircled{E}$ $\textcircled{S}$ $\textcircled{H}$ ou $\textcircled{>}$, significa que a conexão do terminal de medição está incorreta ou incompleta.

2. Pressione o botão “START TEST” (iniciar teste)

Agora é realizada uma sequência de teste totalmente automática de todos os parâmetros relevantes, como o eletrodo de aterramento auxiliar, a resistência do eletrodo de aterramento e da sonda, que é terminada com a exibição do resultado R_E .

3. Veja no visor a indicação do valor medido de R_E .
4. Chame R_S e R_H com “DISPLAY MENU”.

Observações referentes à colocação das hastes de aterramento:

Antes de colocar as hastes de aterramento para a sonda e o eletrodo de aterramento auxiliar, verifique se a sonda está fora da área do gradiente potencial do eletrodo de aterramento e do eletrodo de aterramento auxiliar (veja também “Influência das zonas de gradiente de potencial na medição da resistência de aterramento”). Essa condição normalmente é alcançada deixando-se uma distância de mais de 20 metros entre o eletrodo de aterramento e as hastes de aterramento, e entre as hastes de aterramento.

Após reposicionar o eletrodo auxiliar ou sonda, é feito um teste da exatidão dos resultados por meio de outra medição. Se o valor obtido for igual, a distância é suficiente. Se o valor obtido for diferente, a sonda ou eletrodo auxiliar de aterramento precisa ser reposicionado até o valor medido de R_E permanecer constante.

Os fios das hastes não devem ficar muito próximos entre si.

Medição de 3 pólos com terminais de conexão de eletrodo de aterramento mais longos

Use uma das bobinas de cabo acessório como terminal de conexão do eletrodo de aterramento. Desenrole o cabo completamente e efetue a compensação da resistência da linha, conforme descrito em “Compensação do terminal de conexão do eletrodo de aterramento”.

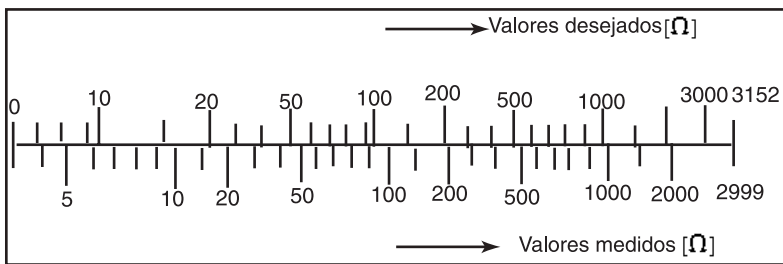
Medição por tempo médio:

Se aparecer um aviso “measured value unstable” (valor medido instável) após a sequência de teste (veja “Procedimentos de medição”, “Descrição do visor”), é muito provável que isso seja causado por sinais de interferência intensos (ex.: tensão instável de ruído). Contudo, para obter valores confiáveis, o instrumento tem uma função de cálculo baseado na média de um período prolongado.

1. Selecione uma frequência fixa (veja “Ciclo de controle”, em “Operação”)
2. Mantenha o botão “START TEST” (iniciar teste) pressionado até o aviso “measured value unstable” desaparecer. O tempo máximo de cálculo de média é aproximadamente 1 minuto.

Avaliação do valor medido:

A Figura 7 mostra o valor máximo aceitável da resistência de aterramento, que não pode estar acima de determinado limite, levando-se em conta o erro máximo de utilização.



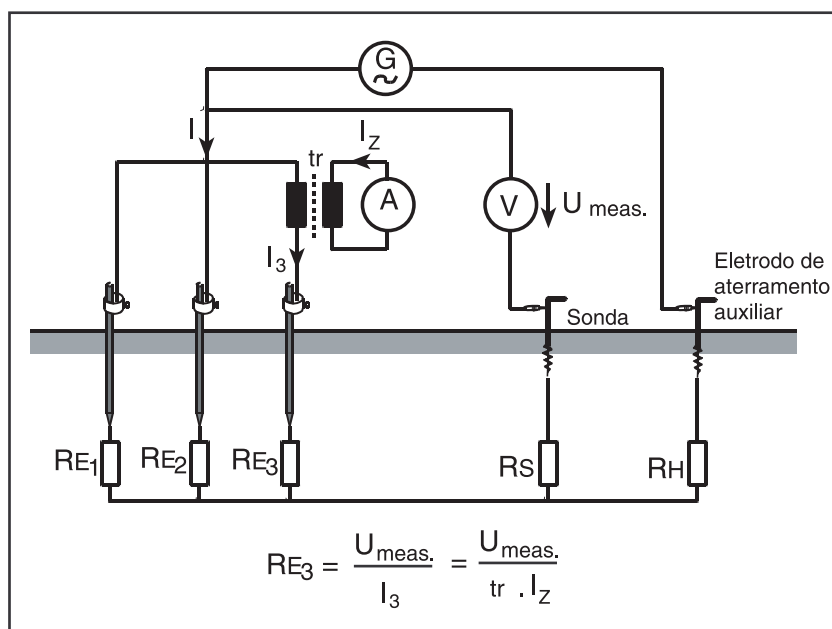
eha013.eps

Figura 7. Resistência de aterramento - valor máximo aceitável

Medição de resistências de eletrodos de aterramento individuais em malhas de aterramento com método seletivo e alicate

Este método de medição foi criado para medir eletrodos de aterramento individuais em sistemas de malhas de aterramento ou com fiação permanente (ex.: sistema de proteção contra raios com diversos eletrodos ou postes de alta tensão com cabeamento de ligação à terra etc.). Através da medição da passagem efetiva da corrente no eletrodo de aterramento, este método de medição especial fornece a capacidade exclusiva de medir de forma seletiva apenas esta resistência específica, usando um transformador tipo alicate (acessório). Outras resistência paralelas aplicadas não são levadas em conta e não distorcem o resultado de medição. Veja a Figura 8.

Portanto, não é necessário desconectar o eletrodo de aterramento antes de efetuar a medição.



eha014.eps

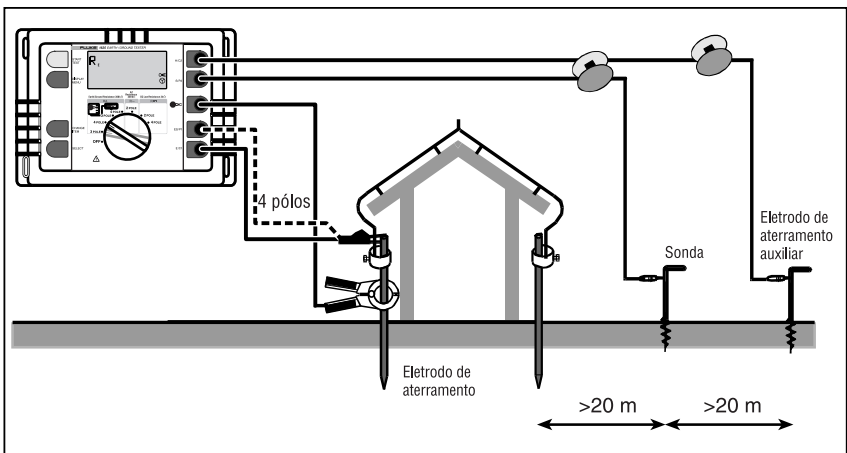
Figura 8. Medição de resistência de eletrodo de aterramento de ponto único em sistemas de malhas de aterramento

Erros do transformador de corrente podem ser corrigidos da forma descrita em “Como corrigir erros do transformador tipo alicate”.

Medição de resistências de eletrodos de aterramento de ponto único em 3 e 4 pólos

Veja a Figura 9. Gire o botão seletor central até a posição “**∞** RE 3pole” ou “**∞** RE 4pole”. As ligações do instrumento devem ser feitas de acordo com a figura abaixo e as instruções apresentadas no visor.

Quando os símbolos dos soquetes (E) (ES) (S) (H) ou **∞**, significa que a conexão do terminal de medição está incorreta ou incompleta.



eha015.eps

Figura 9. Medição de resistência de eletrodos de aterramento de ponto único em 3 e 4 pólos - Processo

Prenda o transformador tipo alicate no eletrodo de aterramento a ser medido.

Assegure-se de que a relação de transformação do alicate definida no instrumento corresponda à usada no transformador. Se necessário, mude as definições (veja “Como mudar todas as definições de dados por meio do CÓDIGO personalizado”)

Observação

A relação predefinida de fábrica é a correta para o alicate sensor EI162X

Pressione o botão “START TEST” (iniciar teste).

Agora é realizada uma sequência de teste totalmente automática de todos os parâmetros relevantes, como eletrodo de aterramento auxiliar, resistência do eletrodo de aterramento e da sonda, e terminada com a exibição do resultado R_E .

1. Veja no visor a indicação do valor medido de R_E .
2. Chame R_S e R_H com “DISPLAY MENU”.

Observações referentes à colocação das hastes de aterramento

Antes de ajustar as hastes de aterramento para a sonda e o eletrodo auxiliar, verifique se a sonda está fora do gradiente de potencial do eletrodo de aterramento e do eletrodo auxiliar (veja também 12.5). Normalmente, essas condições são conseguidas deixando uma distância de pelo menos 20 metros entre o eletrodo de aterramento e as hastes de aterramento, bem como entre as hastes. Após reposicionar o eletrodo auxiliar ou sonda, é feito um teste de exatidão dos resultados por meio de outra medição. Se o valor obtido for igual, a distância é suficiente. Se o valor obtido for diferente, a sonda ou eletrodo auxiliar de aterramento precisa ser reposicionado até o valor medido de R_E permanecer constante.

Os fios das hastes não devem estar muito próximos uns dos outros.

Medição de 3 pólos com terminais de conexão de eletrodo de aterramento mais longos

1. Use uma das bobinas de cabo acessório como terminal de conexão do eletrodo de aterramento.
2. Desenrole o cabo completamente e efetue a compensação da resistência da linha, conforme descrito em “Compensação do terminal de conexão do eletrodo de aterramento”.

Medição do tempo médio

Se aparecer um aviso com os dizeres “measured value unstable” (valor medido instável) após a sequência de teste (veja “Descrição do visor”, “Procedimentos de medição”), é muito provável que seja causado por sinais de interferência intensos (ex.: tensão instável de ruído). Contudo, para obter valores confiáveis, o instrumento tem uma função de cálculo de média durante um período prolongado.

1. Selecione uma frequência fixa (veja “Ciclo de controle”, em “Operação”)

2. Mantenha o botão “START TEST” (iniciar teste) pressionado até o aviso “measured value unstable” desaparecer. O tempo máximo de cálculo de média é aproximadamente 1 minuto.

Medições em postes de alta tensão

Medição da resistência de aterramento sem desmontar o cabo de aterramento das linhas aéreas, por método seletivo com alicate

A medição da resistência de aterramento de um único poste de alta tensão geralmente requer a desmontagem das linhas aéreas (levantadas) ou a separação do sistema de aterramento e da estrutura do poste. Se isso não for feito, as medições poderão indicar resultados falsos de resistência do eletrodo de aterramento do poste, devido ao circuito paralelo dos outros postes conectados entre si pela linha de aterramento aérea.

O novo método de medição empregado pelo instrumento, com o transformador de corrente externo para medir a corrente efetiva no eletrodo de aterramento, permite medir resistências do eletrodo de aterramento sem desconectar o sistema de aterramento ou desmontar as linhas aéreas.

Como os quatro stubs do poste são conectados ao terra de proteção do poste, a corrente de medição I_{meas} é dividida em 5 elementos de acordo com as resistências presentes.

Uma parte passa pela estrutura do poste para as linhas aéreas e o circuito em paralelo das resistências de aterramento do poste.

Os outros quatro componentes ($I_1... I_4$) passam pelos pés de cada poste.

A adição de toda as correntes resulta na corrente I_E que passa pela resistência de aterramento, isto é, da resistência do eletrodo de aterramento “composto” para o solo.

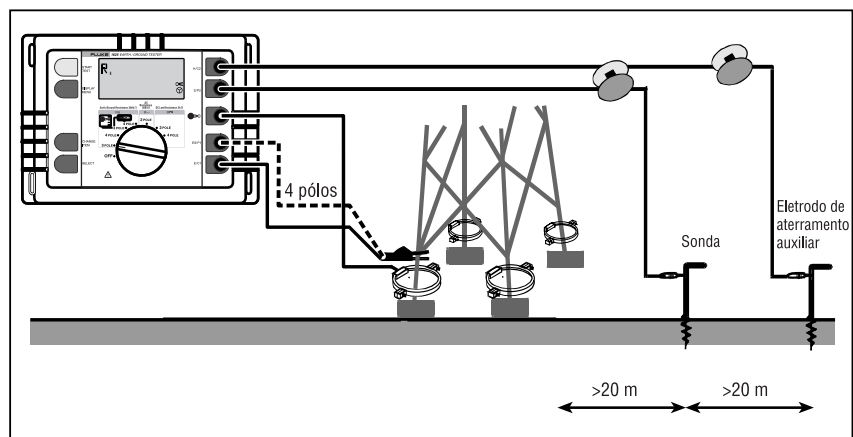
Se o transformador de corrente for preso a cada stub do poste consecutivamente, as quatro resistências precisarão ser medidas; isso mostrará um comportamento inversamente proporcional aos componentes de corrente correspondentes $I_1 ... I_4$. O ponto de entrada da corrente de medição deve ser deixado sem nenhuma mudança, para evitar alterações na distribuição da corrente.

Assim, essas resistências equivalentes são apresentadas como:

$$R_{Ei} = \frac{U_{meas}}{I_i}$$

Portanto, a resistência de aterramento R_E do poste é determinada como um circuito em paralelo das resistências equivalentes individuais:

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}}}$$



eha016.eps

Figura 10. Medição da resistência de aterramento sem desmontar a linha de aterramento aérea

1. Coloque o botão seletor central na posição “ $\text{>C } R_E \text{ 3pole}$ ” ou “ $\text{>C } R_E \text{ 4pole}$ ”. Os fios do instrumento devem ser ligados conforme a ilustração e as instruções apresentadas no visor.
Se algum símbolo de soquete, E , ES , S , H ou Y , >C , estiver piscando, significa que a ligação ao terminal de medição está incorreta ou incompleta.
2. Aplique o transformador de corrente no stub do poste. Assegure-se de que a relação de transformação definida no instrumento corresponda à corrente usada pelo transformador. Se necessário, mude as definições (veja “Como mudar todas as definições de dados por meio do CÓDIGO personalizado”). Pressione o botão “START TEST” (iniciar teste).
3. Nesse momento, é iniciada uma seqüência de teste totalmente automatizada de todos os parâmetros pertinentes, tais como resistência do eletrodo auxiliar, resistência do eletrodo de aterramento e da sonda; a seqüência termina e os resultados de R_E são exibidos.

4. Veja as indicações da leitura do valor medido de R_E
5. Chame R_S e R_H com “DISPLAY MENU” (exibir menu).

Aviso sobre a colocação das hastes de aterramento:

Antes de ajustar as hastes de aterramento no eletrodo auxiliar e na sonda, verifique se a sonda está fora do gradiente de potencial do eletrodo de aterramento e do eletrodo auxiliar (veja também “Influência das zonas de gradiente de potencial na medição da resistência de aterramento”). Esse estado normalmente é obtido deixando-se uma distância de pelo menos 20 metros entre o eletrodo de aterramento e as hastes de aterramento, bem como entre as hastes. Após reposicionar o eletrodo auxiliar ou sonda, é feito um teste da exatidão dos resultados por meio de outra medição. Se o resultado for igual, a distância é suficiente. Se o valor obtido for diferente, a sonda ou eletrodo auxiliar de aterramento precisa ser reposicionado até o valor medido de R_E permanecer constante. Os fios das hastes não devem estar muito próximos uns dos outros.

1. Aplique o transformador de corrente ao stub do próximo poste.
2. Repita a sequência de medição.

O ponto de entrada de corrente da corrente de medição (clipe-jacaré) e a polaridade do transformador de corrente de núcleo divididos não podem ser alterados.

Depois de determinar os valores de R_{Ei} de todos os pés de postes, é necessário calcular a resistência de aterramento R_E propriamente dita:

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_{E1}} + \frac{1}{R_{E2}} + \frac{1}{R_{E3}} + \frac{1}{R_{E4}}}$$

Observação

Se o valor de R_E exibido for negativo, mesmo com o transformador de corrente na direção correta, significa que parte da corrente de medição está indo para cima, para a estrutura da torre. A resistência de aterramento, agora ativa, é corretamente calculada se as resistências equivalentes individuais (com polaridade certa) forem inseridas na equação acima.

Medição por tempo médio:

Se aparecer um aviso com os dizeres “measured value unstable” (valor medido instável) após a sequência de teste (veja “Descrição do visor”, “Procedimentos de medição”), é muito provável que seja devido a sinais de interferência intensos (ex.: tensão instável de ruído).

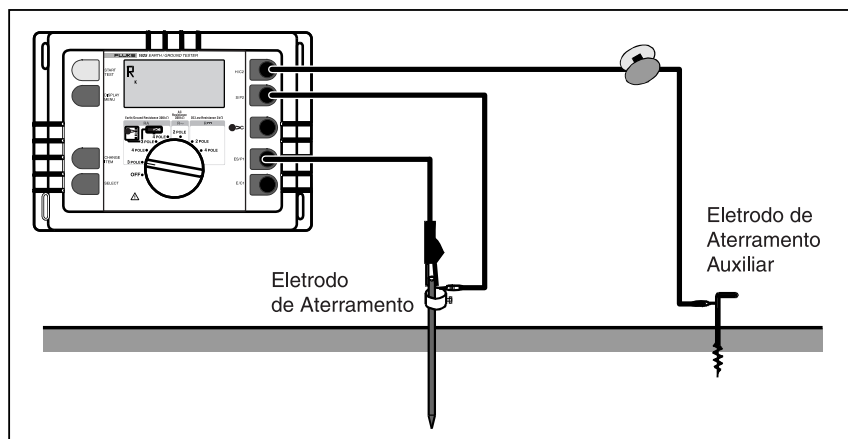
Contudo, para obter valores confiáveis, o instrumento tem uma função de cálculo de média durante um período prolongado.

1. Selecione uma frequência fixa (veja “Ciclo de controle”, em “Operação”)
2. Mantenha o botão “START TEST” (iniciar teste) pressionado até o aviso “measured value unstable” desaparecer. O tempo máximo de cálculo de média é aproximadamente 1 minuto.

Compensação do terminal de conexão do eletrodo de aterramento

Se a resistência da linha ao eletrodo de aterramento não puder ser ignorada, é possível efetuar a compensação da resistência do terminal de conexão ao eletrodo de aterramento. Faça o seguinte:

Processo de medição:



eha019.eps

Figure 11. Compensação do terminal de conexão do eletrodo de aterramento

1. Coloque o botão seletor central na posição “RE 3pole”.
2. Faça as ligações conforme mostrado na ilustração.
3. Chame R_K no visor pressionando o botão “DISPLAY MENU”.
4. Efetue a compensação, pressionando o botão “START TEST” (iniciar teste).

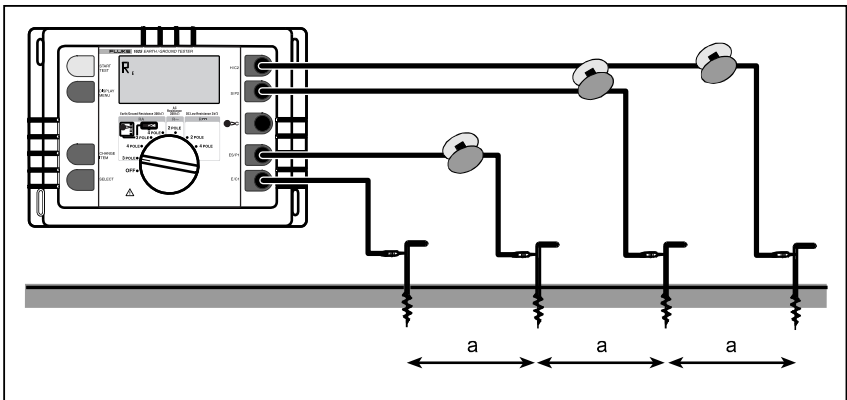
A resistência de compensação é exibida somente enquanto o botão “START TEST” está sendo pressionado. Após soltar o botão “START TEST”, o valor medido é armazenado e o instrumento de medição volta às configurações

padrão no início de cada medição; medições sucessivas de resistência de aterramento podem ser feitas pressionando novamente o botão “START TEST” (iniciar teste). Depois disso, o valor de R_K é subtraído do valor real medido.

Se o valor de compensação precisar ser redefinido no valor básico ($0,000 \Omega$), a sequência de compensação precisará ser realizada com um terminal de medição aberto (desconectado); ou gire o seletor até a próxima posição e, em seguida, gire-os de volta.

Medição da resistividade do solo

A resistividade do solo é a quantidade geológica e física com base nas quais são calculados e projetados os sistemas de aterramento. O procedimento de medição aplicado a seguir usa o método elaborado por Wenner (F.Wenner, A method of measuring earth resistivity; Bull. National Bureau of Standards, Bulletin 12 (4), Paper 258, S 478-496; 1915/16).



eha020.eps

Figura 12. Medição da resistividade do solo

1. 4 hastes de aterramento do mesmo comprimento são colocadas no solo numa linha reta e eqüidistantes entre si (distância “a”). As hastes de aterramento não devem ser marteladas em profundidade maior que 1/3 de “a”.
2. Coloque o botão seletor central na posição “ R_E 4pole”.

As ligações do instrumento devem ser feitas de acordo com a figura abaixo e as instruções apresentadas no visor.

Quando os símbolos dos soquetes (E) (ES) (S) (H) ou  , significa que a conexão do terminal de medição está incorreta ou incompleta.

3. Pressione o botão “START TEST” (iniciar teste).
4. Veja no visor a indicação do valor medido de R_E .

A resistividade do solo é calculada com base no valor de resistência R_E de acordo com a equação:

$$\rho_E = 2\pi \cdot a \cdot R_E$$

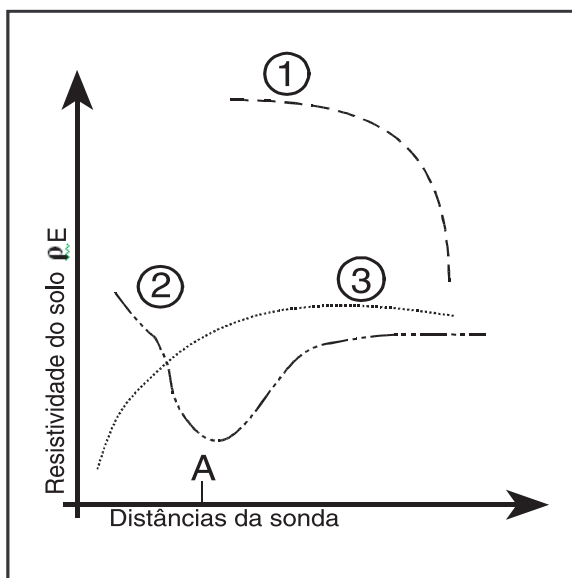
ρ_E valor médio da resistividade do solo (Ωm)

R_E resistência medida (Ω)

a distância da sonda (m)

O método de medição de Wenner determina a resistividade do solo até uma profundidade que equivale aproximadamente à distância “a” entre duas hastes de aterramento. Aumentando-se a distância “a”, pode-se medir extratos em maior profundidade e verificar sua uniformidade. Mudando-se a distância “a” várias vezes, pode-se obter um perfil de medidas com base no qual é possível identificar um eletrodo de aterramento adequado.

Conforme a profundidade a ser medida, a distância “a” é selecionada entre 2 m e 30 m. Esse procedimento resulta nas curvas ilustradas no gráfico abaixo.



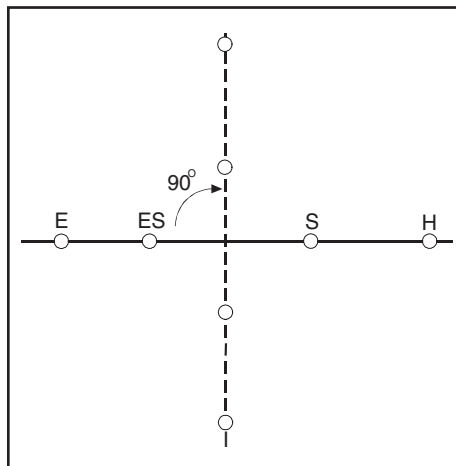
eha021.eps

Curva 1: Conforme ρE diminui com a profundidade, é aconselhável usar um eletrodo de aterramento profundo.

Curva 2: Como o ρE diminui apenas até o ponto A, um aumento de profundidade além de A não melhora os valores.

Curva 3: Com a maior profundidade, o valor ρE não diminui: é aconselhável usar um eletrodo condutor tipo fita.

Como os resultados de medição freqüentemente são distorcidos ou afetados por pedaços de metal sob o solo, aquíferos etc., é sempre recomendável efetuar uma segunda medição com o eixo da ponta virado em um ângulo de 90° (veja a figura).

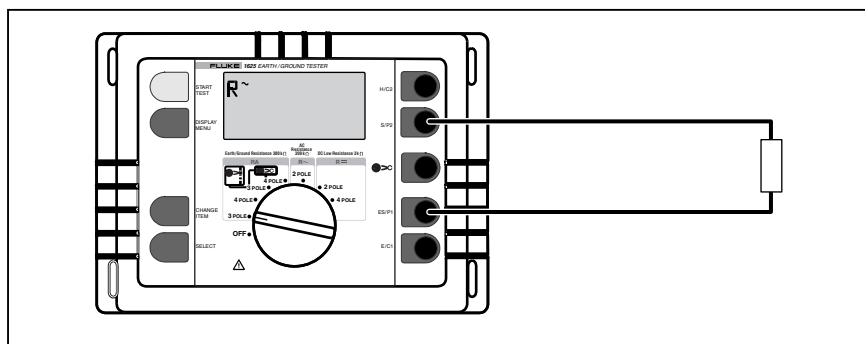


edw022.eps

Medições de resistência

Medição de resistência ($R_{\sim}$)

Esta função mede a resistência ôhmica entre $0,001 \Omega$ e $300 k\Omega$. A medição é feita com tensão CA. Para medir resistência muito baixas, é indicado fazer a compensação em relação aos terminais de conexão (veja “Compensação da resistência dos terminais de conexão”).



edw023.eps

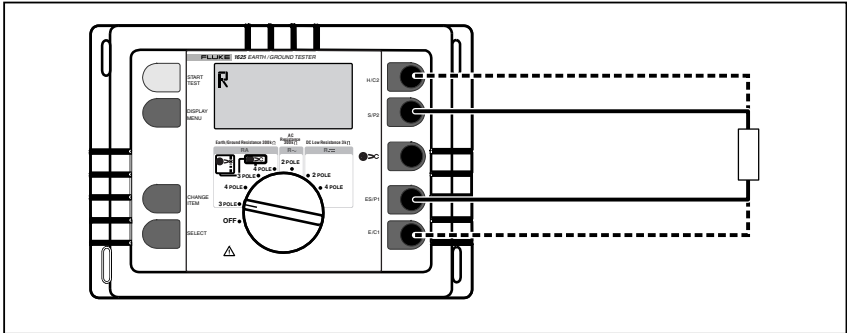
Figura 13. Medição de resistência (R~)

1. Coloque o botão seletor central na posição “R~”.
2. Conecte o instrumento conforme mostrado na ilustração.
3. Neste modo, todas as definições e valores LIMITE disponíveis podem ser chamados por meio de “DISPLAY MENU” (exibir menu) e a frequência de medição pode ser definida.
4. Pressione o botão “START TEST” (iniciar teste).
5. Veja no visor a indicação do valor medido.

Medição de resistência (R $\overline{\overline{\sim}}$)

Neste modo de medição todas as resistências de 0,001 Ω a 3 k Ω podem ser medida com tensão CC e inversão automática de polaridade, de acordo com EN61557-5.

Para obter a máxima precisão, pode-se efetuar medições de 4 pólos. Para equilibrar o terminal de extensão, é necessário efetuar a compensação.



edw024.eps

Figura 14. Medição de resistência ($R_{\text{---}}$)

1. Conecte o instrumento conforme mostrado na ilustração.
2. Coloque o botão seletor central na posição “ $R_{\text{---}}$ ”.
3. Neste modo, todas as definições e valores LIMITE disponíveis podem ser chamados por meio de “DISPLAY MENU” (exibir menu).

⚠ Cuidado

Antes de efetuar medições, verifique se os equipamentos ou objeto de teste estão desligados da alimentação de energia elétrica! A medição não se inicia se a tensão externa for mais alta que 3 V.

⚠ Cuidado

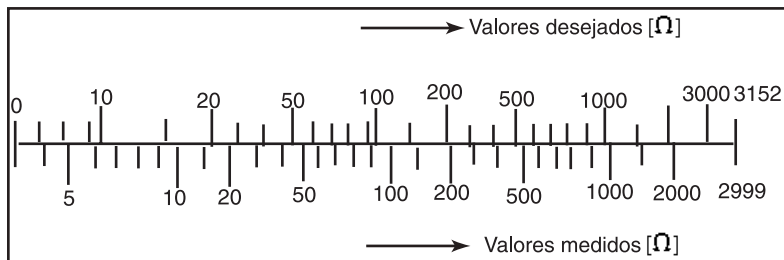
Com correntes de medição altas, as cargas indutivas podem produzir tensões induzidas letais durante a desconexão do circuito de medição.

4. Inicie as medições pressionando o botão “START TEST” (iniciar teste). Primeiro, é medida a “ R_1 ” com tensão positiva na tomada “E”. Após soltar o botão “START TEST” (iniciar teste), é medida a “ R_2 ” com tensão negativa na tomada “E”. O valor mais alto medido é exibido primeiro.
5. O segundo valor medido pode ser chamado por meio de “DISPLAY MENU” (exibir menu). Se o valor limite definido (R LIMIT) for ultrapassado, o limite também poderá ser mostrado.

Avaliação do valor medido:

Levando em conta o erro operacional máximo, os diagramas mostram os valores máximos aceitáveis de exibição que não excedem a resistência requerida.

Faixa de medição 29, 99... 299, 9... 2999 Ω

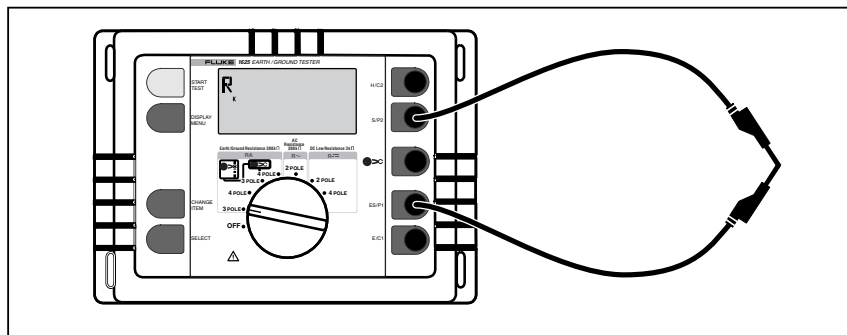


eha025.eps

Figura 15. Avaliação do valor medido

Compensação da resistência do terminal de medição

1. Chame R_K no visor pressionando o botão “DISPLAY MENU” (exibir menu).
2. Coloque o terminal de medição em curto-circuito, conforme mostrado na ilustração.
3. Pressione o botão “START TEST” (iniciar teste). O valor de R_K é armazenado depois de se soltar o botão “START TEST” *iniciar teste); o visor volta a apresentar a medição de tensão. Depois disso, o valor de R_K é subtraído do valor real medido. Girar o botão seletor central por um instante apaga novamente a compensação de linha.

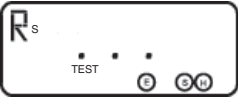


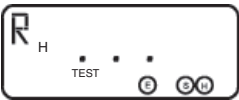
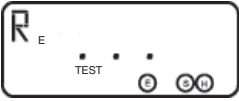
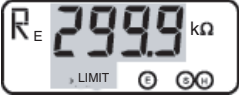
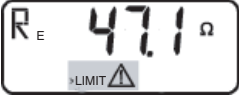
edw026.eps

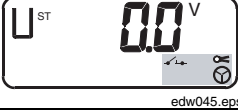
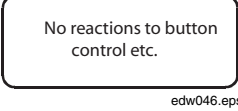
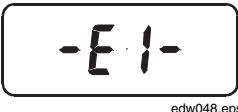
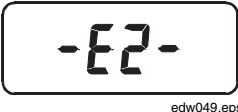
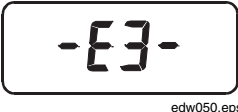
Figura 16. Compensação da resistência do terminal de medição

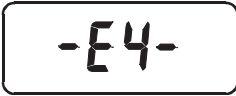
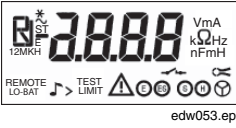
Descrição dos visores

Tabela 1. Descrição dos visores

Função	Visores	Estado	Observação
Antes de "START"	 edw027.eps	Modo de espera, para economizar o consumo de energia	Gire o botão seletor ou pressione o botão de comando. Todos os valores medidos permanecem armazenados.
	 edw028.eps	Conexão do terminal de medição incorreta ou ausente.	Com exceção da função de medição de tensão, todas as funções de medição estão travadas.
	 edw029.eps	A tensão das pilhas está muito baixa.	Troque as pilhas.
	 edw030.eps	Bíper ativado.	Aviso sonoro é emitido se algum limite for ultrapassado.
	 edw031.eps	Tensão CA perigosa; > 50 V	Com exceção da função de medição de tensão, todas as funções de medição estão travadas.
Antes de "START"	 edw033.eps	Botão seletor em posição intermediária	Coloque na posição correta selecionada.
Após "START"	 edw034.eps	A resistência da sonda está sendo testada.	Aguarde o resultado do teste.

Função	Visores	Estado	Observação
	 edw035.eps	Pulso breve de corrente auxiliar; resistência sendo testada.	Aguarde o resultado do teste.
	 edw036.eps	Resistência de aterramento sendo testada.	Aguarde o resultado do teste.
	 edw037.eps	Circuito de medição do eletrodo de aterramento e eletrodo auxiliar desconectado.	Examine a conexão do terminal nas hastes de aterramento; pode haver algum defeito spikes.
	 edw038.eps	Circuito de medição do eletrodo de aterramento e sonda desconectado.	Examine a conexão do terminal nas hastes de aterramento; pode haver algum defeito spikes.
	 edw039.eps	Erro máximo aceitável excedido devido a sensibilidade muito alta ou resistência da haste de aterramento auxiliar.	Tente umedecer o solo ou conectar uma segunda haste de aterramento em paralelo.
Após "START"	 edw040.eps	Faixa de medição ultrapassada.	O valor medido está acima de 300 kΩ.
	 edw041.eps	A exibição do valor medido está acima do LIMITE.	Valor medido acima do LIMITE.
	 edw042.eps	Compensação mais alta que o valor medido.	Elimine a compensação ou desligue o instrumento e ligue-o novamente.

Função	Visores	Estado	Observação
	 edw043.eps	Polaridade incorreta nas tomadas E e ES.	Inverta a polaridade.
	 edw044.eps	Valor medido instável.	Tensão de ruído instável. Tente usar medição por média de tempo.
	 edw045.eps	Corrente muito baixa no transformador externo.	Diminua a resistência da haste de corrente auxiliar.
	 edw046.eps	Operação em condições problemáticas.	Examine as pilhas. Desligue e ligue novamente o instrumento; se o problema continuar, procure assistência técnica.
Após "START"	 edw047.eps	Mude o sentido do alicate de corrente ou da corrente que vai "para cima".	Inverta o alicate ou veja a nota na página 28.
	 edw048.eps	Soma de verificação (checksum) de EE PROM incorreta.	
	 edw049.eps	Problema de funcionamento do instrumento (ex.: sobrecarga de corrente).	Desligue e ligue novamente o instrumento; se o problema continuar; o símbolo poderá aparecer ao efetuar medições sem hastes em circuitos de baixa resistência.
	 edw050.eps	Funcionamento inadequado do acesso à memória EE PROM.	Contate a assistência técnica.

Função	Visores	Estado	Observação
	 edw051.eps	Problema interno de computação.	
	 edw052.eps	Sobrecarga térmica.	Aguarde o resfriamento total.
	 edw053.eps	A tensão das pilhas diminui durante a medição.	A resistência interna das pilhas está muito alta (fracas; baixa temperatura). Substitua as pilhas; aqueça o instrumento.
	 edw067.eps	A polaridade dos transformadores de corrente está invertida.	Vire um dos transformadores
	 edw068.eps	A resistência sendo testada está acima da faixa; ou o cabo adaptador está ligado incorretamente no testador de aterramento.	Ligue e desligue antes de fazer o próximo teste.
	 edw069.eps	A resistência sendo testada está acima da faixa de medição	

Legenda:  = piscando

Testes de resistência de aterramento sem o uso de hastes

Introdução

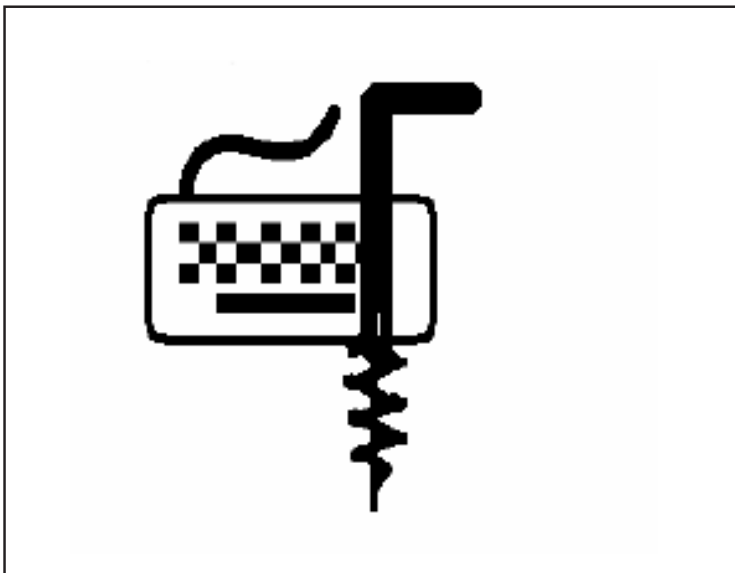
Testes sem hastes possibilitam de forma exclusiva medir resistências individuais de aterramento em sistemas multi-aterramento, por meio de dois transformadores de corrente tipo alicate.

Não há necessidade de usar hastes de aterramento.

Antes de existir este método, era necessário desconectar o percurso de aterramento individual a ser testado dos outros aterramentos, para eliminar a influência dos percursos em paralelo.

Isso consumia muito tempo e, além disso, era perigoso em muitas situações.

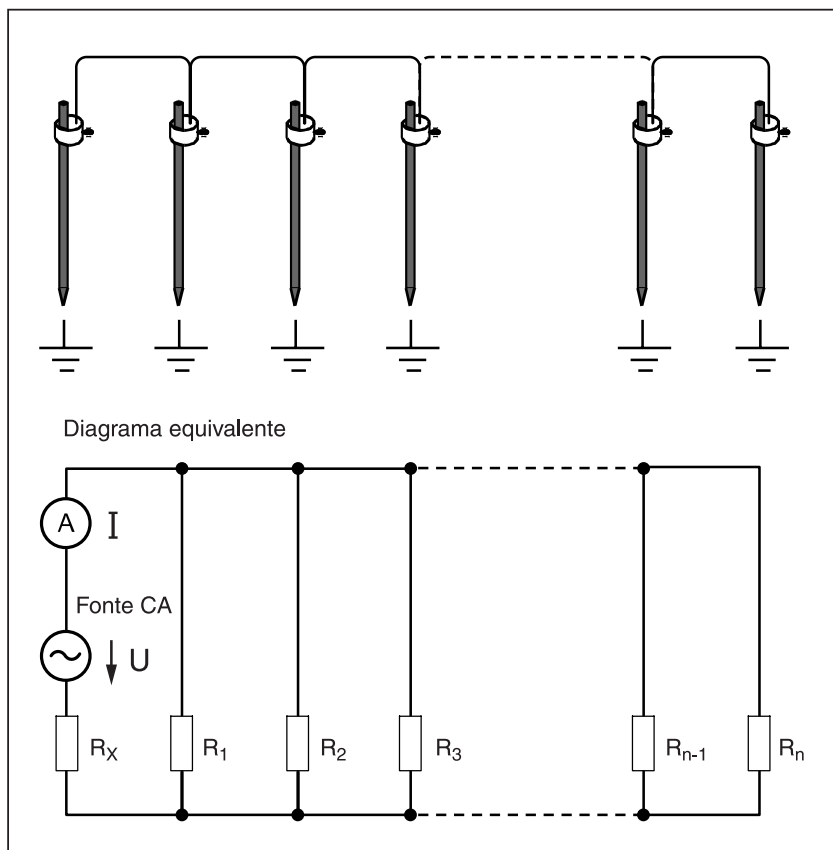
Após efetuar a desconexão, era usado o método de teste de aterramento de 3 pólos/terminal, que exigia o uso de hastes de aterramento auxiliares. Além de consumir mais tempo, também era difícil encontrar o lugar certo para a medição; às vezes, era impossível. O método “sem hastes” de teste de resistência de aterramento elimina esses problemas e complementa de forma ideal os métodos de testes padrão dos testadores de aterramento.



edw060.eps

Princípios de operação

Testes de resistências de conexões de aterramento individuais em sistemas com conexões de aterramento em paralelo (sistemas de multi-aterramento).



eha061.eps

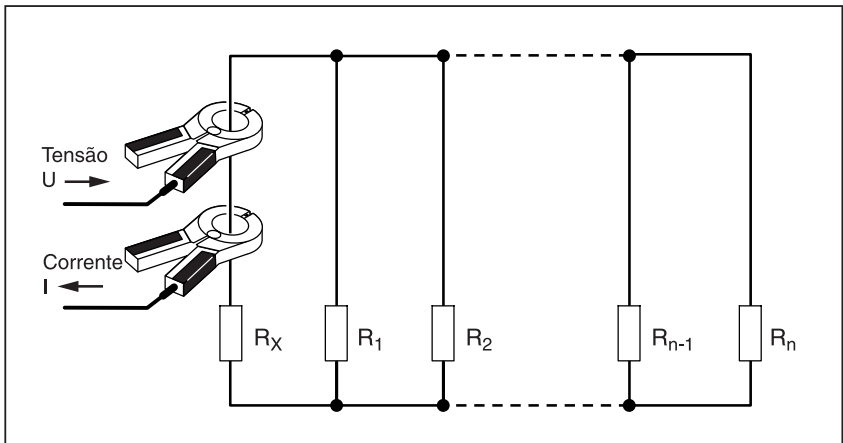
$$\frac{U}{I} = R_x + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Se a conexão dos resistores em paralelo, $R_1 \dots R_n$, for considerada mais baixa que a conexão à terra no teste de R_X :

$$\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \ll R_X$$

$R_X = \frac{U}{I}$ é uma aproximação razoável.

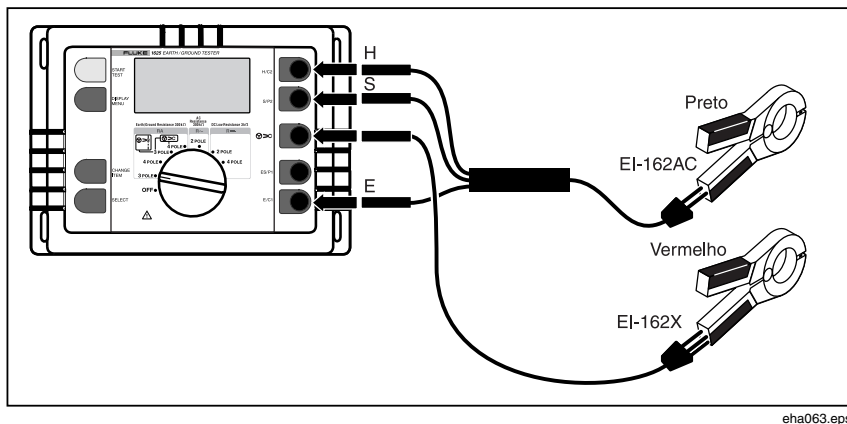
A tensão de teste (U) é aplicada sem desconectar a haste de aterramento ou dirigir a conexão elétrica por meio de transformador de corrente tipo alicate e a corrente detectada por um segundo transformador de corrente.



eha062.eps

Após a retificação síncrona de corrente e tensão, o testador exibe R_X .

Conecte o adaptador de acordo com o diagrama e as indicações E, S e H (C1, P1 e P2 para versão vendida nos EUA) ao testador e a um alicate de corrente.

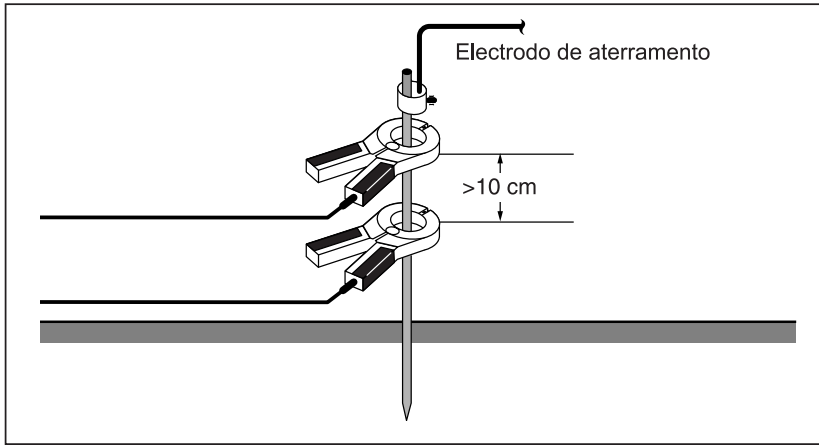


Use o cabo de teste contido no jogo para conectar o segundo alicate de corrente no soquete. Verifique se as polaridades das conexões estão corretas. Coloque o botão seletor central na posição **R_F**  3 pole.

Use apenas os transformadores de corrente mencionados neste manual.

Prenda os dois transformadores no condutor de aterramento a ser testado.

Para obter os melhores resultados possíveis, tente manter uma distância de pelo menos 10 cm entre os alicates.



eha064.eps

Pressionar o botão START faz com que seja apresentado o valor de R_E .

Observação

Neste modo específico, os valores de R_H e R_S não têm nenhum significado.

Definições no testador

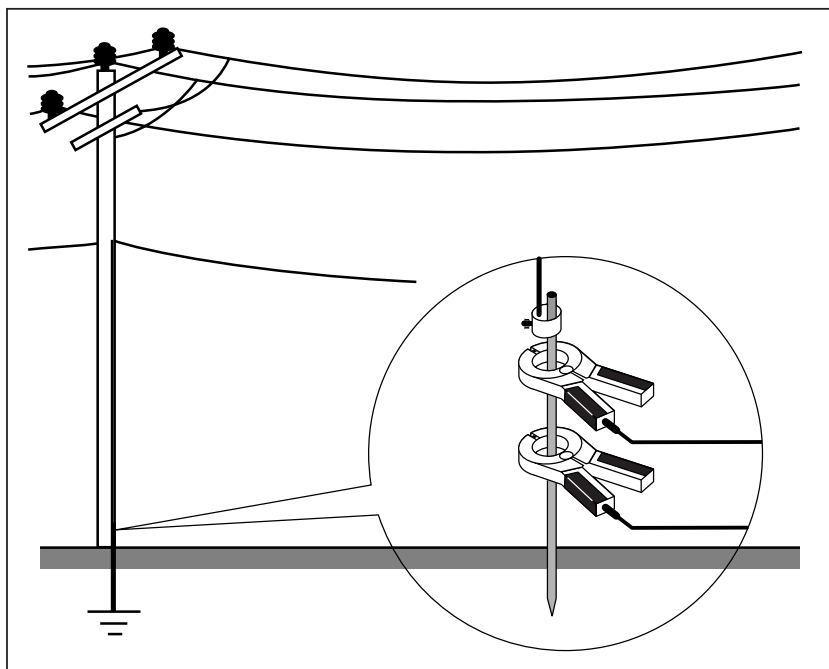
Consulte a seção *Operação* no manual de instruções dos testadores.

O botão seletor do testador precisa estar na posição de R_E 3 pole.

- U_m Defina a tensão de teste em 48 V (valor padrão)
- R_k Defina a resistência de compensação em 0,000 ohms
- I Defina a relação de transformação em 1000 (valor padrão)
- R^* Defina como OFF (desligado; não tem significado neste modo).

Aplicações

Exemplo 1: Haste de aterramento em postes de energia elétrica.



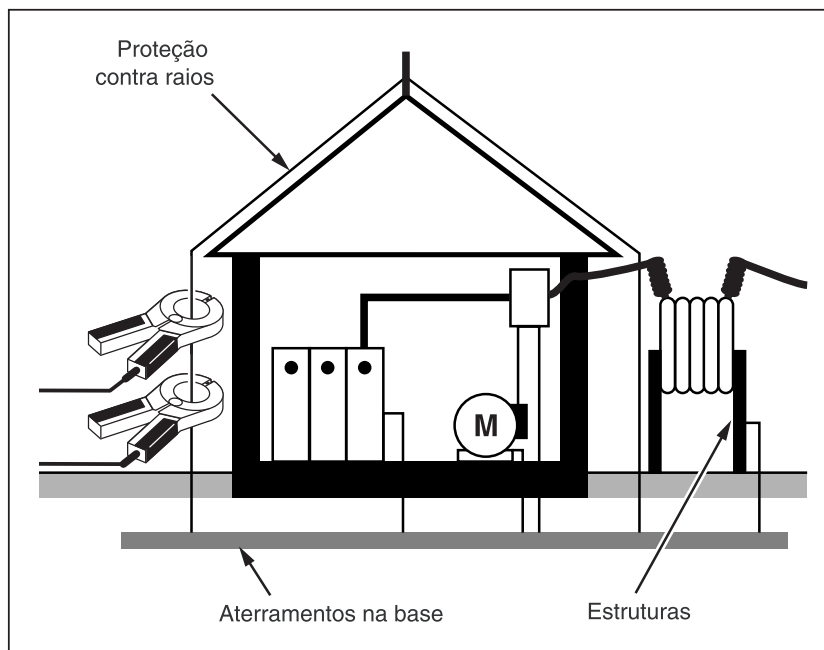
edw065.eps

Exemplo 2: Testes em sistemas de multi-aterramento (interligados):

Condutores de aterramento, por exemplo, podem ser afixados em redes ou aterramentos com base de concreto e outros elementos condutores, como estruturas ou sistemas de proteção contra raios.

Nesse caso, a resistência de trajetos de aterramento individuais não são significativas.

Precisa ser testado se a resistência de adesão é suficientemente baixa e confiável.



eha066.eps

