

## CONDUTORES ISOLADOS E SEUS ACESSÓRIOS PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO

### Pesquisa de avarias na rede subterrânea MT através de mega ohmímetros

Processo de ensaios

---

**Elaboração:** DIT, DSAN, DSAS, DST    **Homologação:** conforme despacho do CA de 2023-09-07

**Edição:** 1

**Acesso:** X Livre

Restrito

Confidencial

**ÍNDICE**

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>2</b>
<b>0 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>1 OBJETO E CAMPO DE APLICAÇÃO</b> .....	<b>3</b>
<b>2 MEIOS HUMANOS, EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO, E CARACTERÍSTICAS DOS MEGA OHMÍMETROS</b> .....	<b>3</b>
2.1 Meios humanos.....	3
2.2 Equipamentos de proteção coletiva e ferramentas de trabalho .....	3
2.2.1 Ferramentas de trabalho .....	3
2.2.2 Equipamentos de proteção coletiva .....	3
2.3 Equipamentos de proteção individual .....	3
2.4 Características dos Mega ohmímetros.....	4
<b>3 PREPARAÇÃO DO TRABALHO</b> .....	<b>4</b>
3.1 Preparação prévia.....	4
3.2 Procedimentos gerais de segurança.....	4
<b>4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO – PRINCIPAIS FASES</b> .....	<b>5</b>
4.1 Enquadramento.....	5
4.2 Metodologia e sequência de operações.....	5
4.2.1 Troço em avaria isolado entre duas instalações com manobras de abertura por telecomando.....	6
4.2.2 Primeiras intervenções da equipa de assistência à rede (instalações A, B e SE 1).....	6
4.2.3 Intervenção subsequente da equipa de assistência à rede (instalação C).....	7
4.2.3.1 Postos de transformação ou postos de seccionamento de serviço público equipados com quadros de média tensão fechados: Quando os cabos de ligação do transformador estão conectados com terminações amovíveis do lado do primário do transformador .....	7
4.2.3.1.1 Na presença de terminações flexíveis ou de terminação amovíveis com interface do tipo C .....	8
4.2.3.1.2 Na presença de terminações terminação amovíveis com interface do tipo B .....	10
4.2.3.2 Postos de transformação de serviço público equipados com quadros de MT fechados: Quando a ligação ao primário do transformador estiver efetuada com terminações flexíveis (caixas terminais).....	11
4.2.3.3 Postos de transformação de serviço público equipados com quadros de média tensão fechados: Se os cabos do quadro de média tensão estiverem ligados com terminações amovíveis exteriores (modelo RM6 de fabrico Merlin Gerin/Schneider) .....	12
4.2.3.4 Postos de transformação ou postos de seccionamento de serviço público quando equipados com celas abertas ..	13
4.2.4 Procedimentos após isolamento do circuito em avaria .....	13
<b>5 PROCEDIMENTOS PARA LIGAÇÃO DE MEGA OHMÍMETROS E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS</b> .....	<b>13</b>
5.1 Esquema de ligações.....	14
5.2 Operação do equipamento.....	14
5.3 Interpretação de resultados.....	15
<b>ANEXO A (EXEMPLIFICATIVO) - PROCESSO MACRO PARA IDENTIFICAÇÃO DE TROÇOS EM AVARIA</b> .....	<b>17</b>
<b>ANEXO B - OUTROS MODELOS DE MEGA OHMÍMETROS</b> .....	<b>18</b>
<b>ANEXO C - NOTAS COMPLEMENT. SOBRE A INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS (CURVA RESISTÊNCIA/TEMPO) ..</b>	<b>20</b>

## 0 INTRODUÇÃO

O presente documento tem por objeto detalhar um conjunto mínimo de operações sequenciais baseadas nas boas práticas estabelecidas nos procedimentos e regulamentação de segurança em vigor, por forma a identificar troços de rede subterrânea de MT em defeito, através de medição a efetuar com mega ohmímetros.

## 1 OBJETO E CAMPO DE APLICAÇÃO

O processo operativo estabelecido neste documento é aplicável a troços de cabos subterrâneos da rede de distribuição secundária MT da E-REDES para identificar troços em defeito, através da de mega ohmímetros.

## 2 MEIOS HUMANOS, EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO, E CARACTERÍSTICAS DOS MEGA OHMÍMETROS

### 2.1 Meios humanos

Para a realização dos processos operativos definidos no presente documento é necessária uma equipa constituída por 2 técnicos com habilitação mínima MC, para identificação de troços em defeito. No caso da intervenção em postos de transformação subterrâneos, deverão ser necessários 3 elementos. Pelo menos um elemento da equipa deverá ter no mínimo 3 anos de experiência na realização desta atividade.

### 2.2 Equipamentos de proteção coletiva e ferramentas de trabalho

Para a realização dos processos operativos definidos no presente documento é necessário considerar os seguintes equipamentos de proteção coletiva e ferramentas de trabalho.

#### 2.2.1 Ferramentas de trabalho

- Verificador de ausência de tensão adequado à tensão de nominal da rede com sinal luminoso e sonoro (eletroscópio);
- Chaves de caixa e de roquete isoladas;
- Lanterna;
- Dispositivo adaptador (para conexão do mega ohmímetro a terminações amovíveis do tipo B);
- Mega ohmímetro ou Ensaiador de Rigidez Dielétrica.

#### 2.2.2 Equipamentos de proteção coletiva

- Vara isolante de descarga à terra;
- Vara isolante adequada à tensão nominal da rede com adaptador para eletroscópio;
- Equipamento de ligação à terra e em curto-circuito MT;
- Sinais de indicação: “Não Manobrar” e “Cabo em Avaria”;
- Cadeados universais;
- Cadeados de consignação;
- Estrado ou tapete isolante.

### 2.3 Equipamentos de proteção individual

Para a realização dos processos operativos definidos no presente documento é necessário considerar os seguintes equipamentos de proteção individual:

- Capacete de proteção com viseira;
- Vestuário de proteção completo (sempre de manga comprida), ignífugo (contra o arco elétrico);
- Calçado de proteção mecânica;
- Luvas isolantes de classe II ou superior; e tapete isolante.

## 2.4 Características dos Mega ohmímetros

Características dos equipamentos para **ensaios de resistência de Isolamento “Mega ohmímetros 10 kV DC”**

- Categoria de isolamento: CAT IV;
- Tipo de alimentação: Bateria incorporada;
- Tipo de baterias: Li-Ion;
- Tensão máxima de teste: 10 kV DC;
- Tensão mínima de teste:  $\leq 500$  V;
- Tempo de ensaio com bateria: 4h;
- Escalão da fonte de corrente: Tipicamente até 5mA. De acordo com o fabricante;
- Display: LCD retro iluminado;
- Pontas de prova incluídas;
- Mala de transporte.

Características dos equipamentos **ensaios de Rigidez Dielétrica 25 kV DC**

- Tipo de alimentação: Bateria incorporada;
- Tensão máxima de teste: 25 kV;
- Tensão mínima de teste: 20 V;
- Corrente de saída: 1.5 mA;
- Corrente de curto-circuito: 3 mA;
- Tempo de ensaio com bateria:  $> 30$  min;
- Descarga á terra após ensaio integrada;
- Display: Analógico;
- Pontas de prova incluídas;
- Mala de transporte incluída.

## 3 PREPARAÇÃO DO TRABALHO

### 3.1 Preparação prévia

Após ser designada, a equipa de assistência à rede, com eventual apoio de outros elementos em '*back office*', deve avaliar e programar previamente o trabalho, desenvolvendo as ações seguintes:

- Consulta dos esquemas unifilares da rede elétrica;
- Avaliação prévia dos locais quanto a acessos e distância;
- Avaliação da existência de postos de transformação particulares com contagem em média tensão e equipa de medição efetuada através da ligação de três transformadores de tensão.

### 3.2 Procedimentos gerais de segurança

Nas intervenções na rede deve garantir-se o cumprimento das regras da arte, normas e prescrições regulamentares, nomeadamente:

- Com vista a assegurar a proteção das pessoas contra os riscos de origem elétrica o cumprimento das “5 regras de ouro da consignação”:
  - Efetuar cortes visíveis ou seguros;
  - Bloquear os aparelhos de corte;

- Verificar a ausência de tensão;
  - Estabelecer ligações à terra e em curto-circuito;
  - Delimitar as zonas de trabalho.
- Na medição de grandezas elétricas:
- Utilizar equipamentos de proteção individual adequado;
  - Utilizar aparelhos adaptados ao tipo de medição a efetuar e às tensões que podem ser encontradas (por exemplo: pontas de prova isoladas);
  - Selecionar rigorosamente o calibre a utilizar, no caso de aparelhos de calibres múltiplos;
  - Verificar antes de cada operação o bom estado dos aparelhos de medição e dos equipamentos de proteção;
  - Tomar precauções, em particular, contra os riscos de curto-circuito.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO – PRINCIPAIS FASES

### 4.1 Enquadramento

Determinadas saídas de subestações possibilitam informação da localização provável do defeito e os quadros de média tensão telecomandados sinalizam a passagem de defeito. Esta informação é gerida centralmente pelo centro de condução, donde são emanadas as ordens de manobra para despistagem dos troços em defeito, a executar pelas equipas de assistência à rede.

O centro de condução processa a informação disponível através da sensorização existente e reconfigura a rede por telecomando para repor o abastecimento de energia ao maior número de Clientes, isolando o troço de rede em avaria.

Após reconfiguração da rede, o centro de condução contacta a Área de Manutenção a fim de ser despoletada a equipa de assistência à rede, e indica onde deverão ser efetuadas as manobras e ensaios de isolamento, por forma a se identificar e isolar o circuito onde se encontra o cabo em defeito, sempre em estreito diálogo e em sintonia entre as partes envolvidas.

Com base nos resultados dos ensaios efetuados em cada instalação, o centro de condução avalia a capacidade de recurso da rede e toma decisões quanto a novas manobras para redução da extensão do troço em defeito e ao novo local onde deverão ser efetuados ensaios de medição da resistência de isolamento, passando essa informação à equipa de assistência à rede, que acatará essas orientações ou apresentará soluções alternativas com base no conhecimento do terreno e das condições de acesso às instalações (com meios humanos e materiais), chegando-se a um entendimento entre as partes. Este procedimento é repetido até se isolar o circuito onde se encontra o cabo em defeito. No Anexo A do presente documento apresenta-se um exemplo deste processo (macro) e descrevem-se as respetivas etapas.

### 4.2 Metodologia e sequência de operações

Nas secções que se seguem apresentam-se o conjunto de operações e sua sequência que devem ser adotados no âmbito da pesquisa de avarias em cabos subterrâneos de média tensão tomando como base de exemplo a secção 4.2.1 seguinte.

Em face das diversas tecnologias em presença, existem diferenças na metodologia a seguir para ligação dos mega ohmímetros. As secções seguintes estão esquematizadas de acordo com a figura 1 seguinte.

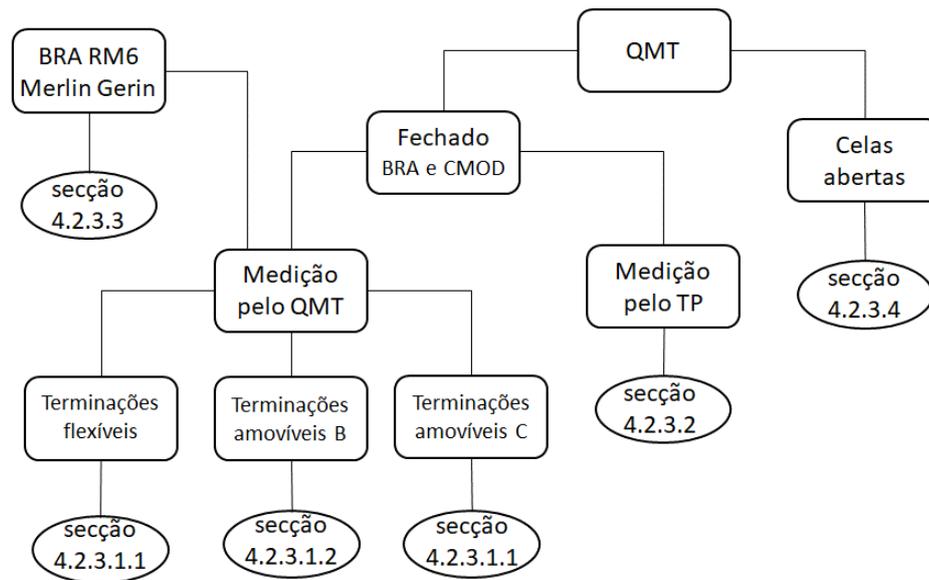


Figura 1– Fluxograma procedimental

#### 4.2.1 Troço em avaria isolado entre duas instalações com manobras de abertura por telecomando

A equipa de assistência à rede é ativada pelo centro de condução para proceder à despistagem de avaria num troço de rede subterrânea compreendido entre duas instalações, nas quais os respetivos aparelhos de corte foram manobrados à distância (telecomandados), conforme o exemplo das figuras abaixo, delimitando o troço em avaria.

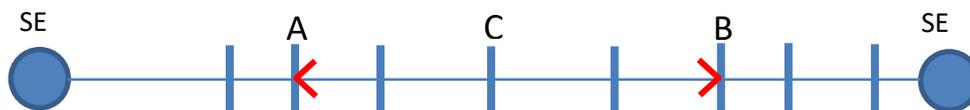


Figura 2 – Troço isolado por telecomando entre as instalações A e B

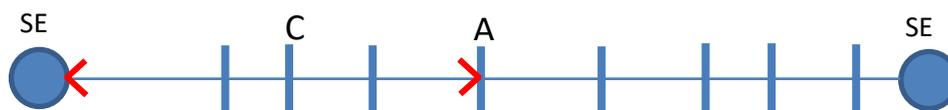


Figura 3 – Troço isolado por telecomando entre a SE 1 e a instalação A

#### 4.2.2 Primeiras intervenções da equipa de assistência à rede (instalações A, B e SE 1)

A equipa desloca-se a cada uma das instalações (às instalações A e B no caso da situação ilustrada na figura 2, ou à SE 1 e à instalação A no caso da situação apresentada na figura 3), desenvolvendo, pela ordem indicada e em diálogo permanente com o centro de condução, as ações seguintes:

1. O aparelho aberto por comando à distância pelo centro de condução deve ser “confirmado como desligado” (por visualização do respetivo sinal luminoso indicativo) e acionada a função de “comando local” do aparelho (acionado o respetivo manípulo no quadro de telecomando), e os disjuntores (de corrente contínua) da respetiva saída (de comando do aparelho manobrado) do quadro de telecomando devem ser desligados. Se não houver acesso aos disjuntores, deve-se desligar o cabo da respetiva saída do quadro de telecomando, pela retirada da ficha correspondente (neste caso deve ter-se em atenção a correta ligação na reposição das fichas);
2. O comando do aparelho manobrado deve ser bloqueado com cadeado universal ou cadeado de consignação no caso das instalações A e B, no caso da Figura 2 e A na Figura 3;
3. No caso da SE1, o disjuntor manobrado à distância deve ser extraído do respetivo painel para garantia de distância de isolamento da saída de média tensão;

4. Deve ser colocada placa identificativa “Não manobrar” sobre o comando do aparelho telecomandado, no caso das instalações A e B, ou em local visível no painel extraído na SE 1;
5. Posteriormente, a Equipa desloca-se à instalação onde será efetuada a despistagem de troços em avaria, seguindo a orientação emanada do centro de condução, e segue os procedimentos indicados na secção seguinte.

#### 4.2.3 Intervenção subsequente da equipa de assistência à rede (instalação C)

A pedido do centro de condução, a equipa de assistência à rede é chamada a intervir na instalação designada por C, para despistagem do troço em avaria. A ordem e sequência de operações na instalação onde será efetuada a despistagem do troço em avaria, é a indicada nas subsecções seguintes.

**Nota:** Quando se efetua o ensaio de diversos troços de cabo subterrâneo e o resultado do ensaio for  $0 \Omega$ , é caso para suspeitar da existência de pelo menos uma contagem num PS/PTC constituída por 3 TT +3 TC. O procedimento a seguir é seccionar a rede de forma a retirar a contagem do ensaio.

##### 4.2.3.1 Postos de transformação ou postos de seccionamento de serviço público equipados com quadros de média tensão fechados: Quando os cabos de ligação do transformador estão conectados com terminações amovíveis do lado do primário do transformador

1. Sinalizar o acesso da instalação para impedir entrada de Terceiros e garantir que a instalação onde intervir é a correta;
2. Execução de manobra manual de abertura do aparelho de corte (interruptor-seccionador) correspondente ao circuito subterrâneo que se pretende ensaiar;

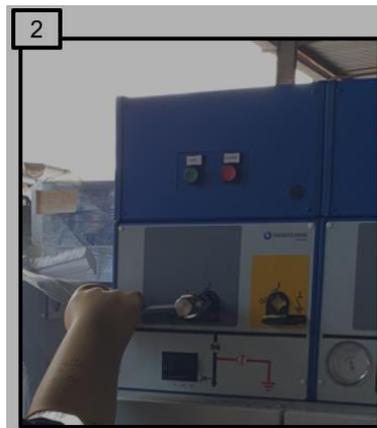


Figura 4 – Abertura do aparelho de corte

3. Confirmar visualmente que os indicadores de presença de tensão estão no estado “sem tensão” (apagados);

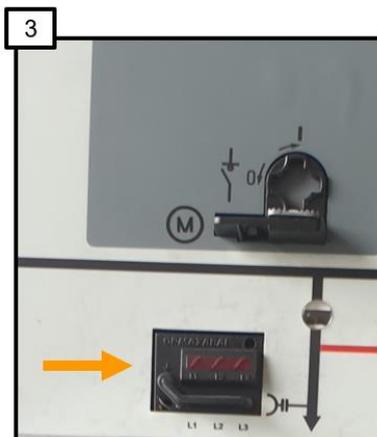


Figura 5 – Indicador de presença de tensão

4. Execução de manobra de fecho do seccionador de terra (correspondente ao aparelho manobrado no ponto 2);



Figura 6 – Fecho do seccionador de terra

5. Abertura do respetivo compartimento de cabos;



Figura 7 – Abertura do compartimento dos cabos

4.2.3.1.1 Na presença de terminações flexíveis ou de terminação amovíveis com interface do tipo C

6. No caso de terminações amovíveis (com interface tipo C), procede-se à retirada das tampas (material plástico) das terminações e desenroscam-se e retiram-se os cones isolantes internos, com recurso a chave de caixa, para possibilitar o acesso aos pernos roscados interiores que estão ligados aos condutores dos cabos;



Figura 8 – Acesso aos pernos roscados interiores

7. Ligação da pinça do condutor de ligação da ponta de prova do mega ohmímetro ao perno roscado da terminação, no caso de terminações amovíveis, ou ao terminal (de olhal) de ligação do condutor, no caso de terminações flexíveis (caixas terminais);

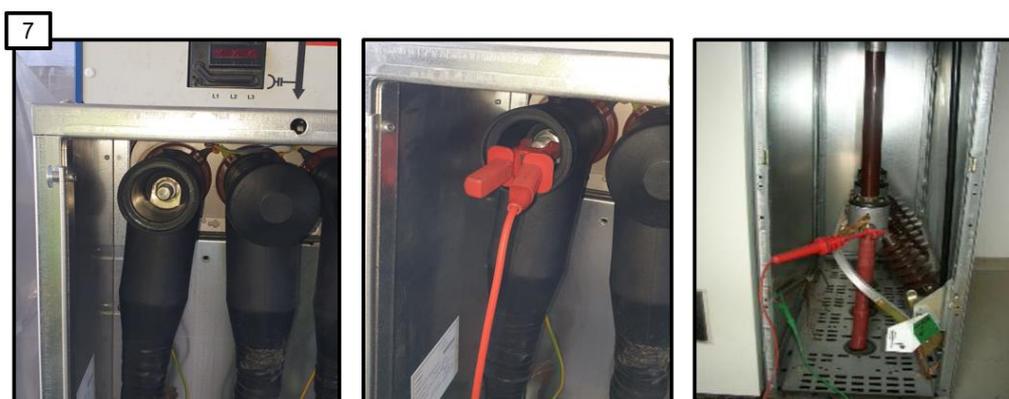


Figura 9 – Ligação da pinça do condutor de ligação do mega ohmímetro

Em determinadas situações não é possível a ligação direta da ponta de prova do mega ohmímetro no terminal roscado da terminação. Nestes casos, deve-se utilizar um dispositivo auxiliar que será enroscado ao perno da terminação, para permitir o seu prolongamento.



Figura 10 – Dispositivo auxiliar para ligação da ponta de prova

A ponta de prova do condutor negativo do mega ohmímetro deve ser ligada ao terminal de terra do quadro.



Figura 11 – Ligação do condutor negativo do mega ohmímetro

- Desbloqueio do encravamento mecânico do seccionador de terra e execução de manobra de abertura do mesmo seccionador (desligação dos polos à terra). Este desbloqueio poderá ser efetuado com ferramenta de uso corrente (alicate, chave de fendas, etc.) ou acionando um manípulo, consoante a tecnologia em presença;



Figura 12 - Desbloqueio de encravamento e abertura do seccionador de terra

9. Execução dos ensaios de verificação da resistência de isolamento dos cabos (ver secção 5.3 seguinte). Deve-se proceder à descarga de eventuais correntes armazenadas nos condutores dos cabos (por indução magnética ou acoplamento capacitivo), através do fecho e abertura do seccionador de terra, nos restantes dois polos a ensaiar, antes da ligação do mega ohmímetro nesses polos;

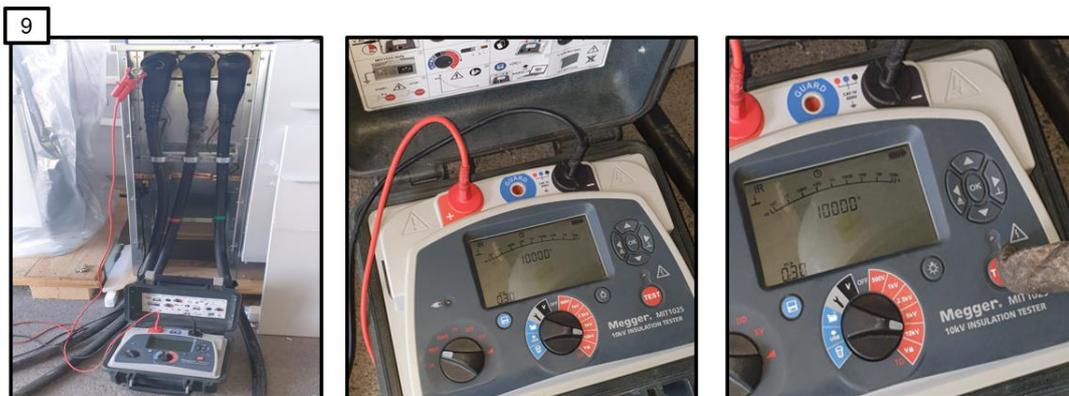


Figura 13 – Verificação da resistência de isolamento dos cabos

10. Repete-se o procedimento a partir do ponto 2 anterior para avaliação da condição técnica do circuito adjacente;
11. Proceda-se à avaliação dos resultados dos ensaios e a tomada de decisão relativamente à identificação do circuito em avaria.
12. As terminações com interface do tipo C são refeitas (binários de aperto da 'cavilha de fixação': **30 - 50 Nm**).  
Executam-se manobras de fecho dos seccionadores de terra, repõe-se o bom funcionamento dos seus encravamentos mecânicos e fecham-se os compartimentos de cabos.  
No circuito com resultados conformes, executa-se manobra manual de fecho do aparelho de corte. No circuito em avaria, o aparelho de corte – manobrado no ponto 2 anterior – deve permanecer na posição de aberto e bloqueia-se o mesmo com cadeado universal ou cadeado de consignação.  
Se os valores de resistência de isolamento apresentarem valores duvidosos e existirem indícios da avaria se encontrar no quadro de MT, efetua-se despistagem para se verificar se existe defeito interno no quadro. Nesta situação, as terminações devem ser retiradas e os cabos ensaiados de forma isolada.
13. Recolhem-se instruções do centro de condução relativamente à próxima instalação onde será feita nova despistagem de defeito.

#### 4.2.3.1.2 Na presença de terminações amovíveis com interface do tipo B

6. Retirada das terminações amovíveis;
7. Ligação da pinça do mega ohmímetro ao perno da terminação do cabo a ensaiar. Se a pinça não entrar de forma livre no interior da terminação, deve-se apertar e moldar a borracha da terminação com a mão (desde que estejam garantidas todas as normas e condições de segurança), para facilitar essa ligação;

8. Execução dos ensaios de verificação da resistência de isolamento;
9. Repete-se o procedimento a partir do ponto 2 anterior para ensaio e avaliação da condição técnica do circuito adjacente;
10. Proceder-se à avaliação dos resultados dos ensaios e a tomada de decisão relativamente à identificação do circuito em avaria.

As terminações são novamente conectadas no quadro e fecham-se os compartimentos de cabos.

No circuito com resultados conformes, executa-se manobra manual de fecho do aparelho de corte. No circuito em avaria, o aparelho de corte – manobrado no ponto 2 anterior – deve permanecer na posição de aberto e bloqueia-se o mesmo com cadeado universal ou cadeado de consignação.

Se os valores de resistência de isolamento apresentarem valores conformes em ambos os circuitos, efetua-se despistagem para se verificar se a avaria está localizada no quadro de média tensão (defeito interno no quadro).

11. Recolhem-se instruções do centro de condução relativamente à próxima instalação onde será feita nova despistagem de defeito.

#### 4.2.3.2 Postos de transformação de serviço público equipados com quadros de MT fechados: Quando a ligação ao primário do transformador estiver efetuada com terminações flexíveis (caixas terminais)

Poderá ser adotado o mesmo procedimento descrito na secção 4.2.3.1 anterior ou, em alternativa, ser considerado, **se viável**, o procedimento seguinte (despistagem de avaria com ligação do mega ohmímetro pelo primário do transformador):

1. Sinalizar entrada da instalação para impedir o acesso de Terceiros e garantir que a instalação onde intervir é a correta;
2. Execução de manobra manual de abertura do aparelho de **corte correspondente ao lado do fuso (ou anel) de rede contrário** ao circuito que se pretende ensaiar;
3. Verificação de ausência de tensão (nos sinalizadores de tensão do quadro);

O conjunto de operações descrito nos pontos 4 a 6 subsequentes tem por objetivo assegurar o escoamento à terra de eventuais correntes armazenadas nos condutores dos cabos a ensaiar por efeito de tensões acopladas (por indução magnética ou acoplamento capacitivo).

4. Execução de manobra manual de **abertura** do aparelho de corte correspondente ao circuito que se pretende ensaiar;
5. Execução de manobras consecutivas **de fecho e de abertura** do seccionador de terra para escoamento de correntes capacitivas;
6. Execução de manobra manual de **fecho** do aparelho de corte correspondente ao circuito que se pretende ensaiar;
7. Abertura do interruptor de corte geral do quadro de baixa tensão para se evitarem tensões de retorno com origem na rede de baixa tensão;
8. Conexão da pinça do mega ohmímetro por encosto (pressão), usando vara isolada TET (com isolamento adequado à tensão nominal da rede), nos terminais dos cabos ligados às travessias do enrolamento primário do transformador de potência;
9. Execução sequencial em cada polo dos ensaios de verificação da resistência de isolamento;
10. Repete-se o procedimento a partir do ponto 2 anterior, saltando o ponto 4 (dado que o aparelho já se encontra na posição de aberto) para ensaio e avaliação da condição técnica do circuito adjacente;
11. Proceder-se à avaliação dos resultados dos ensaios e a tomada de decisão relativamente à identificação do circuito em avaria.

De seguida, executa-se manobra de fecho do interruptor de corte geral do QGBT do PT.

No circuito com resultados conformes, o aparelho de corte deve ficar na posição de fechado.

No circuito em avaria, o aparelho de corte deve ficar na posição de aberto e o seu comando deve ser bloqueado com cadeado universal ou cadeado de consignação.

Se os valores de resistência de isolamento em ambos os circuitos apresentarem valores duvidosos, efetua-se despistagem para se verificar se a avaria está localizada no quadro de média tensão (defeito interno no quadro). Nesta situação, as terminações devem ser retiradas e os cabos ensaiados de forma isolada.

12. Recolhem-se instruções do centro de condução relativamente à próxima instalação onde será feita nova despistagem de defeito.

#### 4.2.3.3 Postos de transformação de serviço público equipados com quadros de média tensão fechados: Se os cabos do quadro de média tensão estiverem ligados com terminações amovíveis exteriores (modelo RM6 de fabrico Merlin Gerin/Schneider)

1. Sinalizar entrada da instalação para impedir entrada de Terceiros e garantir que a instalação onde intervir é a correta;
2. Execução de manobras manuais de abertura dos aparelhos de corte (interruptores-seccionadores) correspondentes aos circuitos subterrâneos que se pretendem ensaiar;
3. Verificação de ausência de tensão (nos sinalizadores de tensão do quadro);
4. Execução de manobra de fecho do seccionador de terra do circuito a ensaiar;
5. Desligação e retirada do barramento de terra acessível pela parte superior do quadro de média tensão, relativamente ao circuito que se pretende ensaiar;
6. Ligação do mega ohmímetro ao primeiro polo de fase a ensaiar, acessível pela parte superior do quadro de média tensão;
7. Execução dos ensaios de verificação da resistência de isolamento dos restantes polos, polo a polo, descarregando eventuais correntes induzidas, através de vara de descarga, no polo a ensaiar antes da ligação da mega ohmímetro;
8. Execução de manobra de abertura do seccionador de terra do circuito ensaiado e repetição do procedimento a partir do ponto 2 anterior para ensaio e avaliação da condição técnica do circuito adjacente;
9. Proceder-se à avaliação dos resultados dos ensaios e a tomada de decisão relativamente à identificação do circuito em avaria.
10. Executa-se manobra de abertura do seccionador de terra do último circuito ensaiado e repõem-se os barramentos de terra.

No circuito com resultados conformes, o aparelho de corte deve ficar na posição de fechado.

No circuito em avaria, o aparelho de corte deve ficar na posição de aberto e o seu comando deve ser bloqueado com cadeado universal ou cadeado de consignação.

Se os valores de resistência de isolamento em ambos os circuitos apresentarem valores duvidosos, efetua-se despistagem para se verificar se a avaria está localizada no quadro de média tensão (defeito interno no quadro). Nesta situação, as terminações devem ser retiradas e os cabos ensaiados de forma isolada.

**Nota:** Estima-se que, atualmente, cerca de 5% a 10% dos quadros de média tensão existentes na rede MT sejam deste modelo.

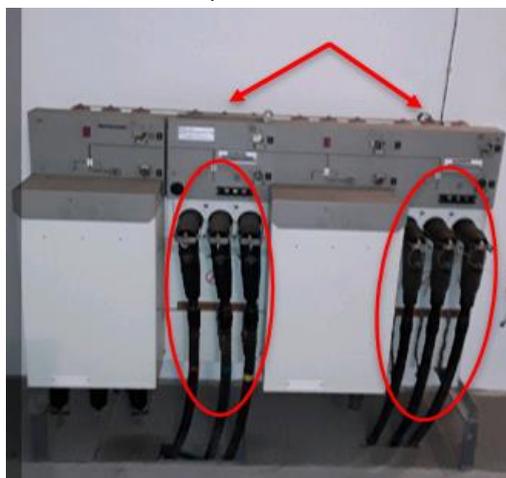


Figura 14 – BRA RM6 da Merlin Gerin



Figura 15 – Desligação do barramento de terra

#### 4.2.3.4 PT ou PS de serviço público quando equipados com celas abertas

1. Sinalizar entrada da instalação para impedir entrada de Terceiros e garantir a intervenção na instalação correta;
2. Verificação de ausência de tensão com verificador adequado à tensão de nominal da rede com sinal luminoso e sonoro, efetuada no barramento à vista;

**Nota:** O eletroscópio deve ser testado manualmente para confirmação do seu bom funcionamento, antes da verificação de ausência de tensão no barramento.

3. Execução de manobra manual de abertura do aparelho de seccionamento ou corte do circuito que se pretende ensaiar e abertura da porta da cela correspondente;
4. Após a verificação efetuada no ponto 2, se se concluir que o barramento tem tensão, deverá ser colocado um anteparo isolante que garanta a proteção contra contactos diretos das partes ativas e acessíveis em tensão;
5. Efetuar descarga de correntes capacitivas à terra através de vara de descarga;
6. Ligação do mega ohmímetro ao terminal de ligação do cabo a ensaiar;
7. Execução dos ensaios de verificação da resistência de isolamento e avaliação da condição dos cabos;
8. Repete-se o procedimento a partir do ponto 2 anterior para os restantes circuitos que se pretendem ensaiar;
9. Procede-se à avaliação dos resultados dos ensaios e a tomada de decisão relativamente à identificação do circuito em avaria;
10. Nos circuitos conformes, os aparelhos de corte ou seccionamento devem ficar na posição de fechados.

No circuito em avaria, o aparelho de corte deve ficar na posição de aberto e o seu comando deve ser bloqueado com cadeado universal ou cadeado de consignação.

Se os valores de resistência de isolamento apresentarem valores duvidosos em ambos os circuitos, efetua-se despistagem para se verificar se a avaria está localizada nos isoladores do aparelho manobrado ou nos isoladores de barramento à vista. Nesta situação, os cabos devem ser retirados e ensaiados de forma isolada.

#### 4.2.4 Procedimentos após isolamento do circuito em avaria

Após isolamento do circuito em avaria, compreendido entre duas instalações contíguas, deve ser colocado sinal com indicação “Cabo em Avaria” sobre os comandos dos aparelhos abertos, bem como o aparelho de corte deve ficar na posição de aberto e o seu comando deve ser bloqueado com cadeado universal ou cadeado de consignação.

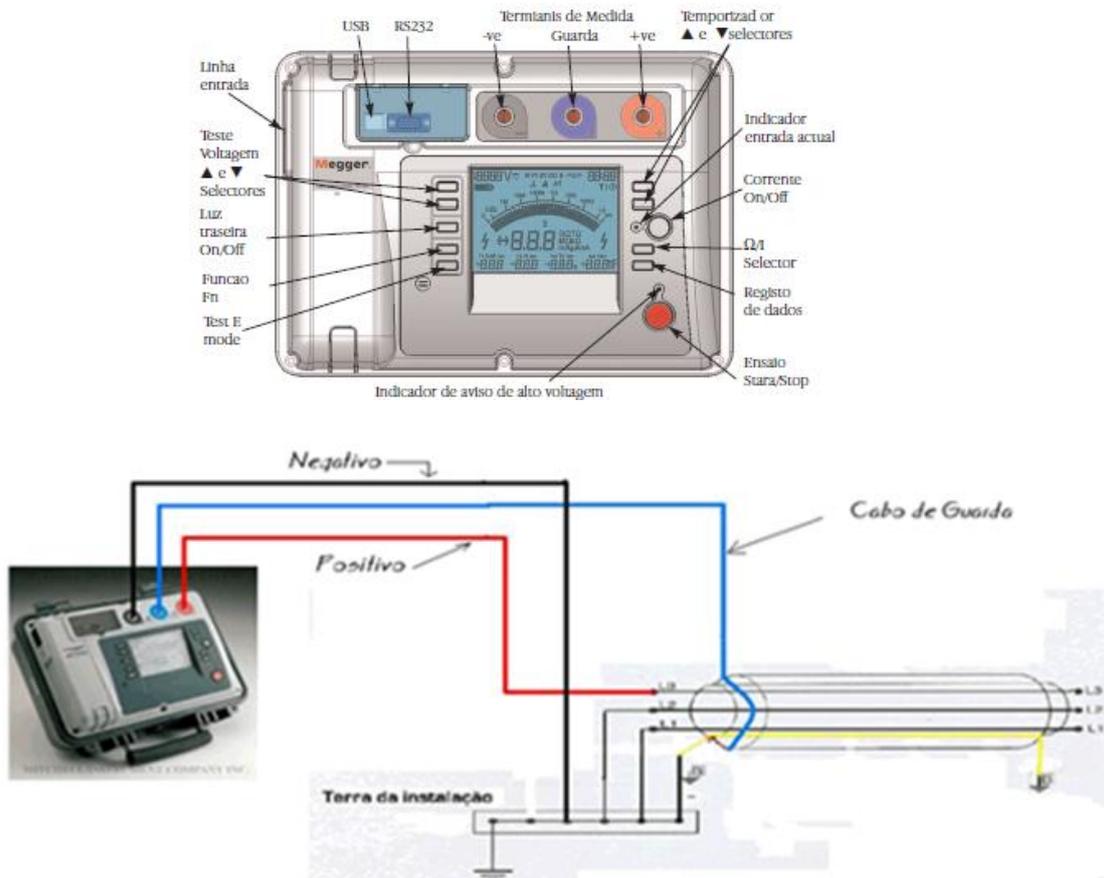
## 5 PROCEDIMENTOS PARA LIGAÇÃO DE MEGA OHMÍMETROS E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

Devem ser criadas condições para a ligação do equipamento por forma a efetuar a medição em segurança. Assim, e entre outras condicionantes, deve ser verificado:

- Efetuar cortes visíveis;
- Bloquear os aparelhos de corte;
- Verificar a ausência de tensão;
- O ensaio de medição da resistência de isolamento deve ser realizado sempre do lado oposto, do cabo de chegada da Subestação, ou de PST, PS, PC que esteja telecomandado.

**Nota:** se a opção antes do início dos ensaios for o de passar na Subestação que alimenta o feeder e extrair o disjuntor (aplicável ao caso da Figura 3), poder-se-á em qualquer dos PST, PS, PC ensaiar todos os cabos existentes.

## 5.1 Esquema de ligações<sup>1</sup>



Condutor Vermelho (positivo) – a ligar ao condutor do cabo (alma condutora);

Condutor Preto (negativo) – a ligar à terra de proteção da instalação;

Condutor Azul – a ligar à bainha metálica, em cabos tripolares;

**Nota:** em determinadas situações esta metodologia de ligação pode conduzir a situações pouco fiáveis, devido ao efeito da eletroendosse em ativos antigos. Nos casos em que este efeito possa estar presente, deve inverter-se a ordem de ligação do Condutor vermelho (positivo) e do Condutor preto (negativo).

Figura 16 – Esquema de ligações do mega ohmímetro

## 5.2 Operação do equipamento

1. Verifique as ligações a carregar – veja os AVISOS DE SEGURANÇA.
2. Para ligar, pressione e carregue no botão corrente ON/OFF e retire o dedo depois que o ecrã responda.
3. Verifique a voltagem nos terminais para ter a certeza de que a carga está segura para energizar.
4. Coloque a voltagem de ensaio requerida com os botões V ▲ e V ▼.
5. Selecione o tempo de ensaio com os botões T ▲ e T ▼.
6. Para iniciar um ensaio, pressione e carregue no botão TESTE e retire o dedo quando a LED vermelha se acender. Se a voltagem externa nos terminais for além dos limites de ruído, o teste inicia-se.
7. O indicador do botão TESTE ficará vermelho enquanto durar o ensaio e o ecrã cintilará setas de aviso se existir Alta Voltagem nos terminais.

<sup>1</sup> No ANEXO B poder-se-ão observar modelos de mega ohmímetros de outros fabricantes usados na E-REDES.

8. O temporizador principal contará a partir do zero durante o ensaio.
9. Para parar o ensaio, carregue no botão TESTE.
10. O temporizador parará.
11. O ecrã analógico indica a resistência de isolamento.
12. O ecrã digital principal indica a resistência ou corrente selecionada carregando no botão  $\Omega/I$ . DAR e PI serão calculadas e indicadas no ecrã dependendo dos ajustes de tempo – por favor, consulte o manual.
13. A capacitância de carta será calculada e apresentada no ecrã, se for possível medi-la no final do ensaio.
14. A constante-tempo será indicada no fim de teste, se for possível medi-la.

#### AVISOS DE SEGURANÇA

- Este instrumento só deve ser usado por pessoal devidamente treinado.
- O circuito a ensaiar deve estar desligado, sem energia e isolado antes do teste de isolamento ser feito. Não toque nas ligações do circuito durante o ensaio.
- Após um teste de isolamento, o circuito que está a ser ensaiado deve ser totalmente descarregado antes de desligar as tampas de ensaio.
- Em certas circunstâncias uma falha do circuito em ensaio pode fazer com que o instrumento termine o ensaio de modo descontrolado, causando talvez o desaparecimento do ecrã enquanto o circuito se mantiver com energia. Neste caso, é muito importante que o botão corrente On/Off seja pressionado e o circuito descarregado manualmente antes de tocar em quaisquer ligações.
- Os bornes, incluindo os clips de crocodilo, devem estar em boas condições, limpos, secos e sem o isolamento partido ou estalado.
- Este instrumento não deve ser utilizado se alguma das peças estiver danificada.

#### 5.3 Interpretação de resultados<sup>2</sup>

Ensaie um troço, ou vários troços de rede subterrânea que estavam em serviço, mas por ação das proteções, ficaram fora de serviço.

Procedimentos para determinar a sua condição técnica com o objetivo de identificar uma possível avaria:

Quando se efetua o ensaio de **diversos troços de cabo** subterrâneo a partir de um ponto da rede com transformadores MT/BT sobre a rede, o procedimento de medida deve ser o seguinte:

- Proceder sempre à descarga da capacidade do cabo antes e depois de se proceder aos ensaios;
- Ensaio F/T, uma fase em relação à terra, para verificar se existe falta de isolamento para esse lado da rede;
- Ensaio F/F, entre fases, dá-nos a informação que temos continuidade no primeiro troço, visto que estamos a fechar o circuito através do primário transformador do PT seguinte.

#### Ensaio de um cabo/troço

Quando se efetua o ensaio de um cabo, um só troço, deve-se efetuar três tipos de medidas:

- Ensaio F/T, fase em relação à terra;
- Ensaio F/F, entre fases;
- Ensaio de continuidade, devendo, no extremo “shuntar” o cabo nas três fases.

Se se utilizar um Mega ohmímetro o isolamento mínimo é 1000  $\Omega/V$ . Para as redes de (10 kV, 15 kV e 30 kV), os valores mínimos de RI, são (10 M $\Omega$ , 15 M $\Omega$  e 30 M $\Omega$ ) respetivamente.

Caso se utilize ensaiador de rigidez dielétrica, o ensaio deve ser feito com um valor de tensão inferior, ou igual à tensão nominal do circuito.

<sup>2</sup> No ANEXO C resumem-se algumas notas complementares sobre a interpretação dos resultados, nomeadamente as tensões a aplicar.

Poder-se-á considerar um troço, ou vários troços que está em condições de retomar a exploração, sempre que os valores de tensão de ensaio atinjam no mínimo a tensão simples que normalmente este ativo está sujeito.

Para ajudar na análise de resultados obtidos, aconselhamos a questionar o Centro de Condução, para sabermos dentro do possível o seguinte:

- Quantos troços vamos ensaiar;
- Maioritariamente qual é a seção dos troços;
- Maioritariamente os tipos de cabo, só monopolar, tripolar ou misto;
- Comprimento aproximado dos troços.

**Nota 1:** Em dias pluviosidade mais intensa, gera humidade no interior dos PTS, (caixas fim de cabo, barramentos, isoladores etc), os valores de isolamento facilmente baixam para valores abaixo da regra. A aceitação desses valores, depende muito da experiência da equipa que está a realizar os ensaios, se persistir duvidas e se tivermos, ainda com vários troços, devemos continuar a seccionar a rede. Se tivermos apenas com um troço, devemos comparar o valor de cada fase. Se idênticos e confirmado o troço inteiro, aceita-se que o cabo reúne condições para ligação.

**Nota 2:** Quando se efetua o ensaio de diversos troços de cabo subterrâneo e o resultado do ensaio for  $0 \Omega$ , é caso para suspeitar da existência de pelo menos uma contagem num PS/PTC constituída por 3 TT +3 TC. O procedimento a seguir é seccionar a rede de forma a retirar a contagem do ensaio.

**ANEXO A (EXEMPLIFICATIVO)**  
**PROCESSO MACRO PARA IDENTIFICAÇÃO DE TROÇOS EM AVARIA**

**Ocorrência**

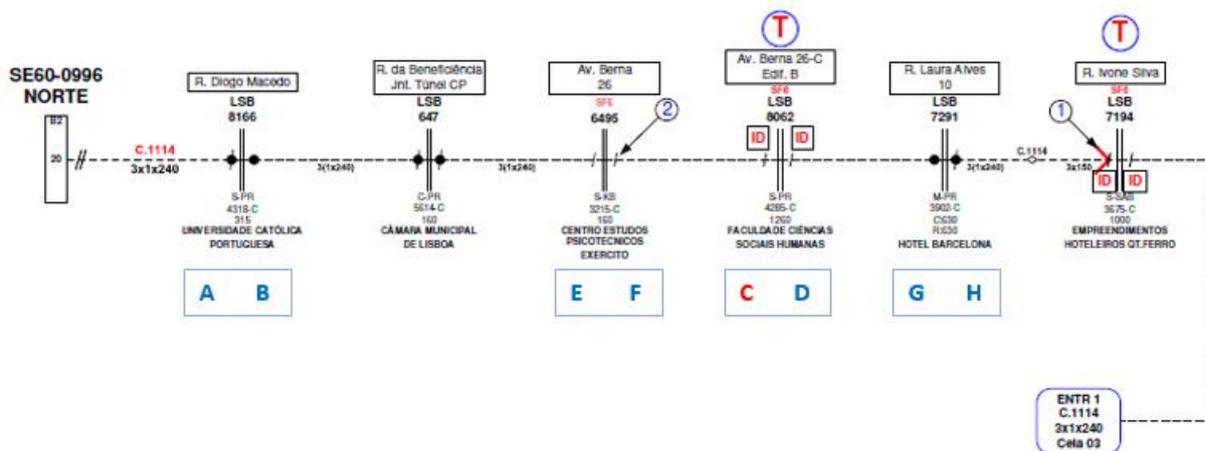
Ocorre uma avaria num cabo MT a DGOS contacta equipa da Assistência à Rede para se deslocar ao terreno.

**Início do processo**

- A DGOS analisa Indicadores de Defeito do feeder se os houver e reconfigura a rede para repor tensão ao maior número de clientes;
- A DGOS informa a equipa de Assistência à Rede onde deverá efetuar manobras e ensaios de isolamento por forma a identificar o troço em defeito, em estreito diálogo e com acordo entre as partes;
- A DGOS informa a equipa de Assistência à Rede do novo local a efetuar manobras/ensaios de medição da resistência de isolamento, em estreito diálogo e com acordo entre as partes;
- As manobras/ensaios de medição da resistência de isolamento serão executadas até se chegar ao troço em defeito.

**Despistagem do troço em avaria**

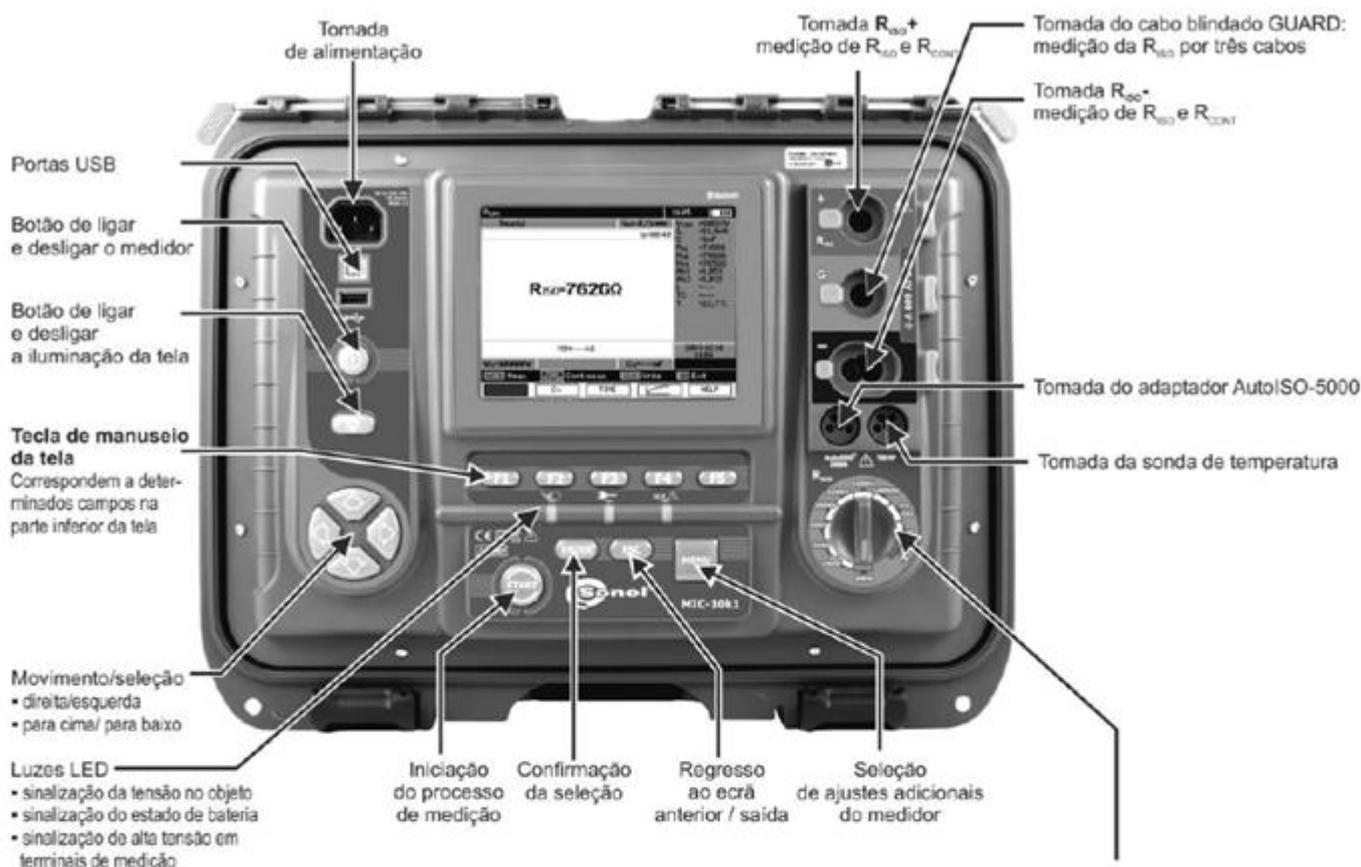
- A.1 Se a DGOS conseguiu avaliar se o defeito está montante do primeiro PST 8062 telecomandado, abre em C e alimenta a restante rede com telecomando no PST 7194;
- A.2 A equipa de Assistência à Rede desloca-se ao PST 8062, coloca o telecomando em modo manual e segue para o PST 8166 [em princípio a DGOS pediria para a deslocação ser feita ao PT 647] abre para A e procede a ensaios para o lado B. Se estiver em avaria, inverte o corte no PTS 8166 para alimentar o transformador;
- A.3 A equipa de Assistência à Rede desloca-se agora para o PST 6495 e ensaia os cabos para os dois lados. Vamos supor que a avaria é para o lado F, deixa aberto em F e fecha o interruptor-seccionador para o lado E. A equipa de Assistência à Rede em coordenação com a DGOS desloca-se ao PST 8166 e abre o interruptor-seccionador A, fecha o seccionador B e de seguida volta a fechar A (o transformador do PTS 8166 é desligado por uns segundos). Os clientes ficam todos alimentados e a avaria está no troço entre F e C;
- A.4 Se a DGOS consegue perceber que a avaria está a jusante do primeiro telecomando, a DGOS abre em D e alimenta até C inclui TP local e deixa o PST em modo local;
- A.5 A equipa de Assistência à Rede vai para o PST 7291 ensaia para os dois lados G e H, se a avaria estiver para o lado G, abre e alimenta pelo lado do PST 7194 da outra SE. Se estiver para o lado H vai para o PST 8062, e passa o telecomando a modo automático e a DGOS liga de D para G. Os clientes ficam todos alimentados e a avaria está no troço entre H e o PST 7194.



**Nota:** seccionar a rede de forma a retirar a contagem pelo método dos 3 TT +3 TC do ensaio.

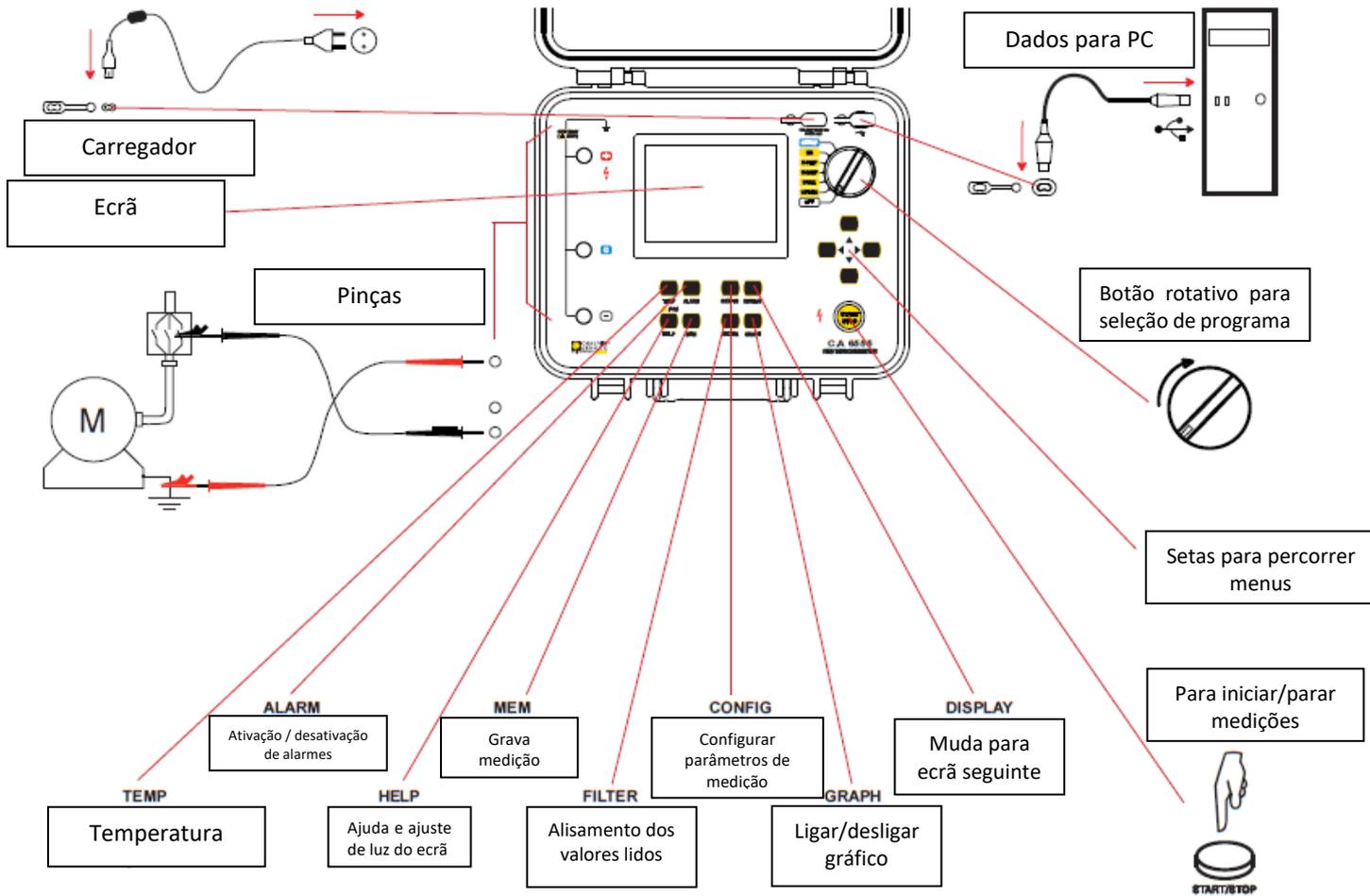
**ANEXO B**  
**OUTROS MODELOS DE MEGA OHMÍMETROS**

**Sonel**



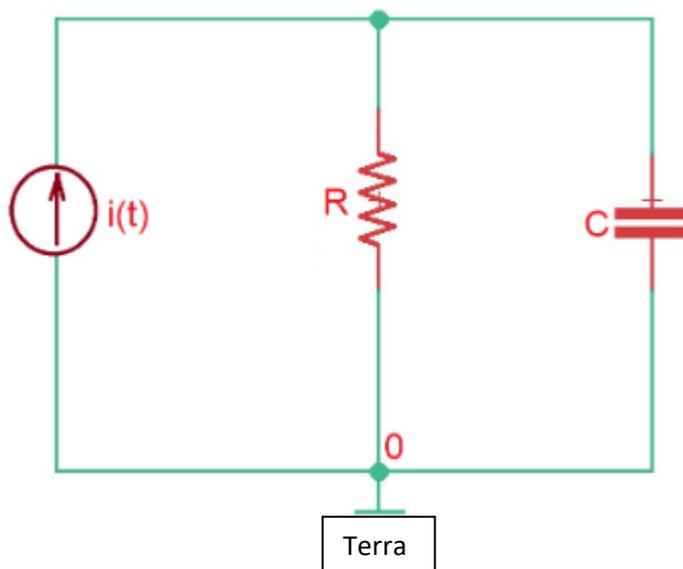
MIC-5050	MIC-10k1
<ul style="list-style-type: none"> <li>MEM - consulta da memória</li> <li>50...5000V - medição da <math>R_{iso}</math> com a tensão regulada de 50 V a 5 kV</li> <li>250V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 250 V</li> <li>500V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 500 V</li> <li>1000V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 1000 V</li> <li>2500V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 2500 V</li> <li>5000V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 5000 V</li> <li>DD - indicador de descarga do dielétrico</li> <li>SV - medição com a corrente incremental</li> <li>localização do dano</li> <li><math>R_{cont}</math> - medição de continuidade do circuito (medidores específicos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>MEM - consulta da memória</li> <li>50...10000V - medição da <math>R_{iso}</math> com a tensão regulada de 50 V a 10 kV</li> <li>250V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 250 V</li> <li>500V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 500 V</li> <li>1000V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 1000 V</li> <li>2500V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 2500 V</li> <li>5000V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 5000 V</li> <li>10000V - medição de <math>R_{iso}</math> com a tensão de 10 kV</li> <li>DD - indicador de descarga do dielétrico</li> <li>SV - medição com a corrente incremental</li> <li>localização do dano</li> <li><math>R_{cont}</math> - medição de continuidade do circuito (medidores específicos)</li> </ul>

**Chauvin Arnau**



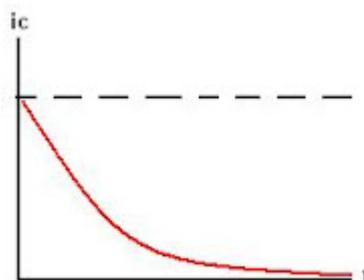
**ANEXO C**  
**NOTAS COMPLEMENTARES SOBRE A INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS**  
**(CURVA DE RESISTÊNCIA/TEMPO)****Modelo da medição**

O aparelho que usamos para medir um circuito é uma fonte de corrente, em corrente contínua (DC), aplicada sobre um circuito equivalente RC (resistência/capacidade) já que a indutância (das bobinas) em DC desaparecem – modelo simplificado. Ou seja, se ligarmos o mega ohmímetro, em qualquer circuito:



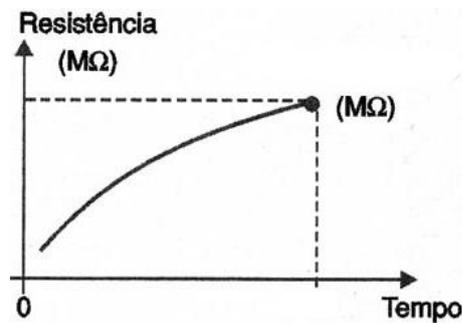
Existem vários efeitos na medição (cujo efeito conjugado chamamos absorção dielétrica) que, em conjunto com o efeito capacitivo do circuito (cabo, transformador, ...), obrigam a que o mega ohmímetro dependa energia sob a forma de corrente elétrica DC para os alimentar.

Ou seja, um condensador não carrega imediatamente, vai solicitando cada vez menos corrente de carga à fonte de alimentação.



Alguns mega ohmímetro apresenta-nos, na opção de visualização do gráfico (para os modelos que o possuem), a evolução do valor da resistência no tempo, cuja utilização preferencial se recomenda. No entanto, este valor de resistência é calculado a partir do valor de tensão e corrente em cada momento, lidas nos transformadores de tensão e corrente do aparelho.

Ora se o referido acima efeito conjugado da capacidade e absorção dielétrica consomem bastante corrente na fase inicial e tendem para valores muito baixos com a passagem de tempo, o gráfico representado para a resistência tem de ser necessariamente inverso (pela Lei de Ohm), a título de exemplo:



Ou seja, quanto menor a corrente fornecida pelo mega ohmímetro, maior a resistência registada. Por outro lado, sendo qualquer circuito da rede distribuição um equivalente RC (ver acima), tem de necessariamente atravessar um período de carga em que evolui de resistências medidas “baixas” para um valor mais alto que estabiliza no tempo. Só quando se assiste à estabilização da curva para um determinado valor que visualmente se percebe como um “alisamento” horizontal da curva, estamos perante uma boa medição.

### Questões Frequentes

#### **Qual a tensão de teste DC que devo usar?**

Os mega ohmímetros são projetados de acordo com normas internacionais.

**Table 1 – Guidelines for dc voltages to be applied during insulation resistance test**

Winding rated voltage (V) <sup>a</sup>	Insulation resistance test direct voltage (V)
<1000	500
1000–2500	500–1000
2501–5000	1000–2500
5001–12 000	2500–5000
>12 000	5000–10 000

<sup>a</sup>Rated line-to-line voltage for three-phase ac machines, line-to-ground voltage for single-phase machines, and rated direct voltage for dc machines or field windings.

As tensões recomendadas são 10kV DC para redes a 30kV, 5kV DC para redes a 15kV e 500V para secundário de transformadores. A utilização de tensões superiores às definidas pode, com um grau de probabilidade alto, ferir o isolamento durante a medição.

#### **Qual o tempo para estabilização da curva de resistência?**

Depende do circuito (comprimento, número de ativos, ...) mas, com base na experiência empírica e admitindo forte variabilidade, alguns minutos (3 a 5), podendo chegar aos 10 minutos em circuitos com TP. Por esta razão (o tempo da medição), admitem alguns modelos de fabricantes a aplicação de diferentes escalões de corrente para acelerar o processo de carregamento capacitivo e de absorção dielétrica, permitindo declarar capacidades expectáveis a medir maiores (normalmente existindo um menu para aumento de pico ou micro Faradays) e consequentemente menores tempos de medição que são uma variável fundamental na exploração otimizada da rede.

#### **A curva tem a forma do gráfico “normal” e continua a subir muito pouco, quase a direito, mas os valores aumentam. Quando paro?**

É uma boa altura para parar a medição, gravar os resultados e considerar esses valores. Pode, nalguns modelos, carregar para a memória o gráfico, para utilizar depois (ver manual).

#### **O meu aparelho não tem gráfico. Como faço?**

Os aparelhos sem gráfico foram usados durante décadas com sucesso. Tem de estar atento à forma como evoluem os números registados no ecrã. A curva referida é percebida nos números como uma subida rápida dos valores

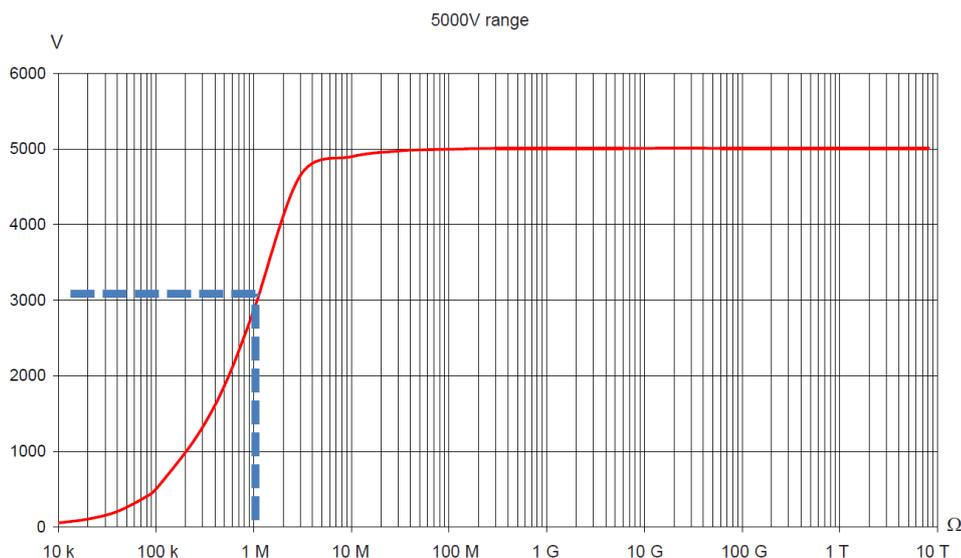
de resistência que depois estabilizam e sobem muito lentamente. Em modelos antigos analógicos, eram registados os valores aos 15s, 30s, 45s, ... e depois construído um gráfico semelhante aos aparelhos mais modernos.

**Inicie um teste fase-terra num cabo explorado a 30kV, o que implica uma tensão de teste de 10kV DC, à procura de um defeito. O mega ohmímetro desliga o teste ao final de alguns segundos, não conseguindo qualquer medição. O que significa?**

Se verificou a bateria e não suspeita de qualquer avaria interna do aparelho de medição, pode estar perante o defeito que procura. Para um defeito franco fase-terra, em que a resistência de contacto tende para zero (curto-circuito), a corrente servida pelo mega ohmímetro tende para infinito. Assim, a proteção interna à fonte de alimentação atua e desliga o teste.

**Inicie um teste fase-terra num cabo explorado a 15kV à procura de um defeito. O mega ohmímetro mede valores de resistência, mas a tensão não chega aos 5kV DC (tensão recomendada), registando apenas 3kV (mero exemplo, pode ser qualquer outro valor abaixo). Devo aumentar a tensão de teste? O que significa?**

Nunca teste instalações com tensões fora dos limites definidos, corre o risco de provocar defeitos adicionais. O mega ohmímetro está desenhado de fábrica para lidar com resistências altas, acima da regra empírica da indústria do  $1\text{M}\Omega/1\text{kV}$ . A título de exemplo, anexa-se gráfico do modelo da Chauvin Arnaux 6550 (está no manual) que mostra para que valores de resistência o aparelho consegue atingir a tensão de teste (neste exemplo 5kV DC) e assim medições válidas:



Não se trata da evolução no tempo da resistência, mas sim que tensão o aparelho consegue garantir (e, portanto, teste à tensão definida em norma) para uma determinada resistência medida. No exemplo, é provável que só esteja com 3kV de tensão de teste porque a resistência é muito baixa, no gráfico cerca de  $1\text{M}\Omega$ .

**Na sequência da questão anterior, existe avaria?**

Deve enquadrar com o resto das medições e contexto.

Exemplo 1: está a medir dois ramais de PT para decidir para que lado estará o defeito. Num dos ramais o aparelho desliga por proteção, fazendo suspeitar de curto-circuito. No outro, a tensão sobe apenas até aos 3kV DC, conforme questão anterior. Pode bem acontecer que neste último, com vários cabos, celas e TP, a resistência equivalente seja bastante baixa já que os ativos estão todos em paralelo. É provável não existir avaria no que regista 3kV DC.

Exemplo 2: medi três fases de um cabo MT. Em duas delas os valores são normais com curva de resistência no tempo típicas. Já na terceira, a tensão não chega aos 5kV DC ficando nos 3kV DC. Neste caso, é provável existir um defeito muito resistivo nessa fase, uma vez que não tem mais ativos em paralelo.