



Seu Equipamento Está Mesmo Ligado à Terra?*

ROBERT L. RUYLE

Uma ligação à terra nem sempre é boa terra...

VOCÊ já observou que tanto o seu transmissor como o receptor parecem funcionar melhor num dia úmido e chuvoso do que num dia seco? O transmissor parece irradiar um pouco mais e o receptor aparenta ter melhor rendimento em tais ocasiões. Vamos responder aqui à pergunta sobre o motivo pelo qual o estado do tempo pode afetar o funcionamento desses equipamentos eletrônicos.

Naturalmente você sabe que muitos equipamentos eletrônicos, especialmente transmissores e receptores, exigem ligação à terra para que funcionem. Mas o que é uma ligação à terra? Muitas pessoas pensam que não há problema nisso. Acreditam que basta enterrar uma barra de cobre no solo e ficam resolvidos todos os problemas de terra. Isso

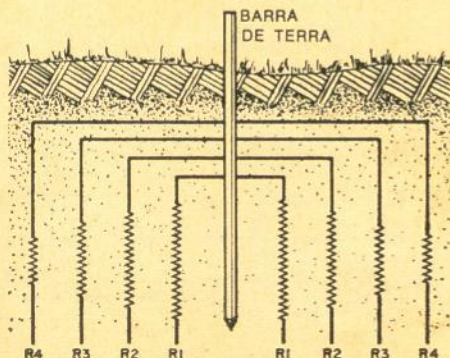
pode acontecer por pura sorte, mas é provável que o problema tenha apenas solução parcial. Para boa ligação à terra é necessário haver uma área de baixa resistência que circunde inteiramente a barra de terra.

Na realidade, a resistência de uma ligação à terra é determinada pela resistência do lide entre o equipamento e a terra, pela barra de terra, pela resistência do contato entre a barra e o solo, e pela resistência do solo que circunda a barra. A resistência do lide, da barra e do contato entre a barra e o solo são insignificantes em comparação com a resistência do solo que circunda a barra. Experiências mostraram que se a barra não tiver tinta nem óleo, e se o solo for bem comprimido em torno dela, a resistência de contato será desprezível.

Para compreender a resistência do solo imaginemos que a barra de terra é circundada por várias camadas de solo de resistência uniforme e espessura igual, conforme mostra a Fig. 1. A primeira camada mais próxima da barra terá a menor seção reta de solo, em ângulos retos com o fluxo de corrente que sai da barra; assim sendo, terá a maior resistência. A camada seguinte terá uma seção reta maior e sua resistência será menor. À medida em que a camada se afasta da barra, a seção reta de cada uma aumenta, e a resistência diminui, até que finalmente se atinge um ponto onde o acréscimo de mais camadas não importa em alteração para a resistência do solo. Experiências demonstram que esse ponto está mais ou menos entre dois e três metros em torno da barra.

Isto responde a uma pergunta freqüentemente formulada: por que não usar mais de

FIG. 1 — O solo em torno de uma barra de terra pode ser considerado como um conjunto concêntrico de resistências que diminuem à medida em que aumenta a distância da barra.



(*) Popular Electronics, vol. 27, nº 2.

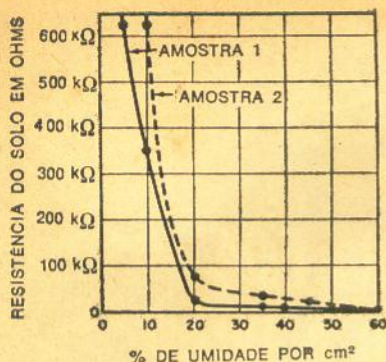


FIG. 2 — Quando a temperatura do solo é mantida constante em 21°C, sua resistência aumenta à medida em que diminui a umidade. O aumento é bastante rápido quando a umidade cai a menos de 20%.

uma barra de terra? A resposta é muito simples: qualquer outra barra enterrada dentro do círculo de 2 a 3 metros concorreria muito pouco para diminuir a resistência da terra original. Ela teria de ser enterrada fora desse círculo, de maneira a funcionar como resistor em paralelo, diminuindo, assim, a resistência.

EFEITO DA COMPOSIÇÃO DO SOLO

Verificou-se, por meio de experiências, que o solo de menor resistência é o aterro de cinzas e sobras de salmoura. A média de resistência nesse solo é 14 Ω. Seguem-se os solos de barro, xisto, argila e margas, com a média de 24 Ω. Misturando-se esses solos com areia, cascalho e cinzas, a resistência é aumentada para 93 Ω. Finalmente, quando há apenas areia, cascalho ou rocha, sem terra ou com pouca terra, a resistência sobe a 550 Ω. Todas estas medidas foram feitas com 1 cm³ de solo na umidade constante de 30% e com a temperatura constante de 21°C.

EFEITO DA UMIDADE

Outro fator que tem grande efeito sobre a resistência do solo é a umidade. Quando a umidade do solo cai a menos de 20%, a resistência sobe rapidamente, conforme se pode ver na Fig. 2. Por exemplo, uma determinada amostra de solo com 10% de umidade tem a resistência de 350.000 Ω por cm³. O aumento da umidade para 20% faz com que a resistência caia a 10.000 Ω por cm³. Se a umidade subir para 35%, a resistência cairá a 5.000 Ω por cm³.

A umidade de solos típicos varia de cerca de 10% durante as estações secas, até cerca de 35% nas estações úmidas, mantendo-se uma média de cerca de 18%. Isto explica por que a resistência de uma barra en-

terrada no solo freqüentemente atinge valor superior ao dobro, comparando-se um dia úmido da primavera com um dia seco do outono.

EFEITO DA TEMPERATURA

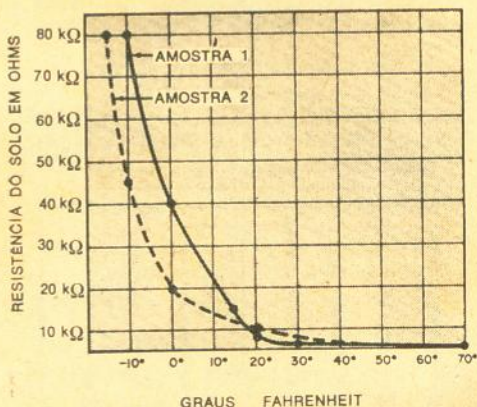
Outro elemento que afeta grandemente a resistência do solo é a temperatura. Há variações muito grandes, especialmente quando o solo congela. A resistência de uma amostra de solo com valor constante de umidade subiu de 200 Ω por cm³ para 500 Ω por cm³ quando a temperatura caiu de 21 para 1,5°C. Quando ela caiu subitamente a -5°C, a resistência subiu a 6.000 Ω por cm³ e, a -18°C, a resistência havia subido a 40.000 Ω por cm³. A Fig. 3 mostra o resultado dessas medições.

Quando o solo está congelado, é muito importante certificar-se de que a barra de terra tem comprimento suficiente para atingir em torno de 60 cm abaixo da linha de congelamento. Isto geralmente leva a barra a um solo com o valor razoavelmente fixo de umidade e de temperatura. O solo na superfície é sujeito a muitas variações com o correr das estações. A maior redução de resistência geralmente encontra-se nos primeiros dois metros; assim, barras com 2,5 m, em 90% dos casos atingem níveis de umidade constante.

TAMANHO DA BARRA

Refletindo sobre os fatores acima, alguém poderia imaginar que o diâmetro da barra teria efeito em diminuir a resistência. Experiências feitas com barras de 12 mm e 25 mm, sob condições controladas de umidade, temperatura e solo, mostraram que a barra de 25 mm, com o dobro do diâmetro e o quádruplo da área de superfície de con-

FIG. 3 — Quando a umidade do solo é mantida no valor constante de 22%, a resistência aumenta quando diminui a temperatura.



tato, diminuiu a resistência em apenas 4,5%. De um modo geral, a barra precisa ter apenas o diâmetro que lhe proporcione rigidez suficiente para ser enterrada no solo sem empenar.

MEDIÇÃO DA TERRA

Há vários processos de medir a resistência da terra; a seguir serão apresentados dois.

O primeiro método usa um megohmímetro. Provavelmente é o método mais fácil e mais rigoroso. Se você não dispuser do megohmímetro talvez possa tomar emprestado. Prensada um lide à terra a ser medida e o outro lide a uma barra auxiliar de terra, enfiada ao chão a alguma distância da primeira (dependendo do tipo de megohmímetro usado). Depois acione o megohmímetro para gerar a tensão que proporcione indicação de resistência do percurso de terra. A Fig. 4 ilustra o processo.

Outro método mais complicado exige o uso de um ohmímetro e duas barras de terra. Por que duas barras de terra? Bem, a barra atualmente usada, seja cano de água ou barra metálica de 2,50 m enterrada no solo, tem uma componente de C.A. (provocada pela corrente de terra) e uma de C.C. (provocada pela ação eletrolítica). Conseqüentemente, necessitamos de duas barras a fim de podermos tirar uma série de leituras e eliminar as duas componentes, obtendo-se, assim, um valor real. A Fig. 5 mostra como são colocadas as barras adicionais em relação à barra sob prova.

Depois de enterrar as duas barras, elas recebem as denominações A, B, e C, sendo A a barra que está sob prova. Toma-se uma leitura de resistência entre A e B, com o ohmímetro ajustado na escala de baixa leitura (geralmente na escala de 100 a 150 Ω); depois, os lides são invertidos e a leitura é novamente feita. A inversão dos lides anula os efeitos da componente de C.C.

Como exemplo da utilização do método, mostramos a seguir detalhes de uma medição típica:

Etapa 1 — A leitura entre A e B foi de 93 Ω e entre B e A, 67 Ω ; somando os dois valores e dividindo por 2, obtém-se uma leitura A/B de 80 Ω .

Etapa 2 — A leitura A/C foi de 103 Ω e C/A de 71 Ω ; a média foi de 87 Ω .

Etapa 3 — A leitura B/C foi de 83 Ω e C/B de 113 Ω ; média de 98 Ω .

Etapa 4 — Estes valores agora podem ser substituídos na seguinte equação:

$$[A/B + A/C - B/C] = 2 \text{ vezes valor de A em ohms.}$$

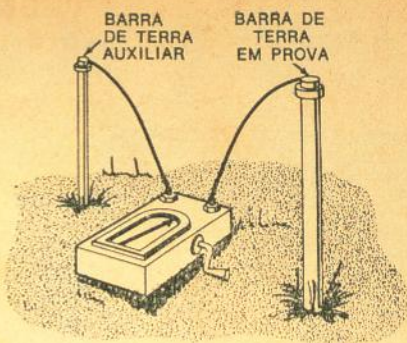


FIG. 4 — Conforme mostra a figura acima, a resistência da barra de terra pode ser medida com um megohmímetro.

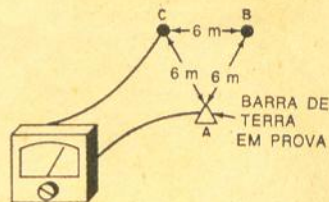


FIG. 5 — Usando-se um ohmímetro para determinar a resistência da terra, é preciso enterrar duas outras barras adicionais, a fim de compensar as correntes parasitas de C.A. e C.C.

A substituição dos valores na equação e a sua resolução mostram que o valor de A é 34,5 Ω .

Para maior precisão, a resistência das terras auxiliares devem ser aproximadamente iguais à da que está em medição; ambas devem ficar a uma distância mínima de 6 m entre si e da barra sob prova. Isto tem o objetivo de impedir a interpenetração de suas áreas de resistência efetiva. Este mesmo valor medido com o megohmímetro foi de 35,7 Ω , de modo que a precisão do método do ohmímetro é bastante boa, embora mais complicada e mais trabalhosa.

COMO DIMINUIR A RESISTÊNCIA DA TERRA

Alguém já pode estar pensando, a esta altura, em como diminuir a resistência da terra se ela for excessivamente elevada, enquanto imagina qual o valor que deve ser tomado como "muito elevado". Na maioria das cidades, o código de obras elétricas prescreve que qualquer eletrodo enterrado no solo deve ter menos de 25 Ω em relação à terra.

No exemplo examinado anteriormente, podemos observar que o valor da resistên-

● BARRAS NOVAS DE 240 cm
LIGADAS COM FIO DE COBRE Nº 6

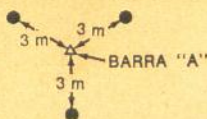


FIG. 6 — A resistência de terra pode ser reduzida enterrando-se mais três barras e interligando todas as quatro barras.

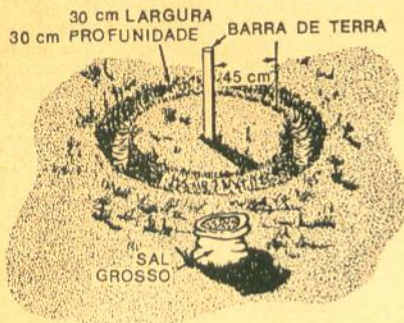


FIG. 7 — A resistência de terra pode ser diminuída pelo tratamento químico do solo, o qual, contudo, deve ser repetido pelo menos uma vez por ano, a fim de se manter eficaz.

cia de terra era muito elevado (34,5 Ω). Vamos, agora, examinar um exemplo de como reduzir esse valor a 25 Ω , ou menos.

Uma das medidas consiste em enterrar mais barras de terra, conforme foi dito anteriormente, uma vez que isto é o equivalente a colocar resistores em paralelo, reduzindo, assim, a resistência total se todas forem ligadas juntas. Foi o que se fez enterrando mais três barras, de 2,5 m a 3 m da original, e ligando-as todas, conforme mostra a Fig. 6. Depois de fazer isso e medir a resistência de terra, verificou-se que, num dia úmido de primavera, ela era de cerca de 18 Ω , e, num dia seco de outono (ou com o solo congelado no inverno), era de 22 a 23 Ω .

Outro método consiste em enterrar a barra mais fundo. Verificou-se, por exemplo, que uma terra que media 270 Ω a 2,5 m caiu para 10 Ω a 12 m. Contudo, se o solo for rochoso e se barras adicionais não implicarem considerável melhora, e se for muito difícil enterrar profundamente as barras, resta a alternativa do tratamento químico do solo. Para fazer isso, cave uma vala circular de cerca de 30 cm de largura e 30 cm de profundidade, com raio de 45 cm, tudo conforme mostra a Fig. 7. Encha a vala com sulfato de cobre, sulfato de magnésio ou sal de cozinha grosso. Molhe tudo e cubra com cerca de 7,5 cm de terra ou areia. Este método funciona bem com solo de resistência elevada, mas a melhoria vai diminuindo à medida que o tempo passa; é preciso repetir o tratamento todos os anos, pois, do contrário, a resistência do solo voltará ao seu valor original. Como a barra fica sujeita à corrosão química, deve ser examinada de três em três anos. ©

NOVOS PRODUTOS

RETIFICADORES DE ALTA TENSÃO EM CARTUCHOS MINIATURIZADOS*

A firma International Rectifier aperfeiçoou, na sua fábrica da Inglaterra, uma linha de retificadores de alta tensão apresentados em forma de cartuchos tamanho miniatura. Estes novos retificadores são diretamente intercambiáveis com os já existentes no mercado europeu.

Um dos seus modelos, denominados 5AV, apresenta uma elevada relação entre tamanho e tensão de trabalho, cobrindo uma gama de tensões que vai de 2 até 6,5 kV (valor de pico da tensão inversa repetitiva), para uma corrente direta máxima, a 25°C, da ordem dos 50 mA, e um tamanho de 10 mm de comprimento por 5 mm de diâmetro.

Um outro modelo, denominado 4BV, apresenta uma gama mais alta que vai de 6 kV até 13 kV, num invólucro maior que, todavia, tem apenas 40 mm de comprimento e 8 mm de diâmetro. Este modelo admite uma corrente direta máxima de 40 mA a 25°C.

Ambos os modelos podem retificar correntes de até 50 kHz, e operam numa faixa de temperaturas que vai de -40 até +100°C, o que os torna particularmente adaptáveis aos circuitos onde seja exigida uma alta confiabilidade.

Ao lançar estes novos produtos, a International Rectifier coloca ao alcance da indústria um componente europeu que se caracteriza por uma tecnologia de vanguarda e por apresentar aos fabricantes de equipamentos, com economia, parâmetros cuja qualidade é superior à de outros produtos equivalentes. ©

(*) Toute L'Electronique, nº 364.