

## TÉCNICAS DE COMUNICAÇÃO EM CAVERNAS

Paulo Cesar Ceragioli\*

### INTRODUÇÃO

A comunicação é necessária para se obter uma ação coordenada. Não há problema quando o grupo em expedição se encontra dentro de uma faixa em que é possível a comunicação através da voz; mas os desvios, as formas das passagens pelas rochas e o ruído da turbulência das águas podem reduzir consideravelmente esta faixa de comunicação.

Técnicas de comunicação com sinais ou apitos, que não apresentam uma significativa ampliação na faixa de comunicação, não serão tratadas, sendo abordadas somente as comunicações elétricas.

### TRANSDUTORES

Para se transmitir eletricamente informações acústicas, há necessidade de transdutores que transformem estas informações acústicas (vibrações mecânicas do ar) em sinais elétricos e ao recebermos estes sinais elétricos há necessidade de outro transdutor que os transforme novamente em sinais acústicos.

O mais conhecido transdutor acústico-elétrico é o microfone e o transdutor elétrico-acústico é o alto-falante.

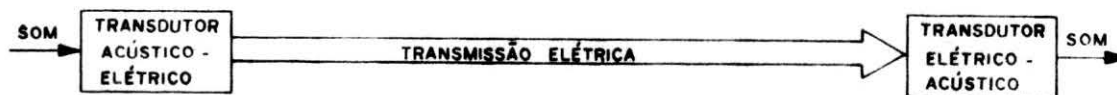


FIGURA 1 - TRANSDUTORES

### TRANSMISSÃO ELÉTRICA

Os sinais acústicos transformados em sinais elétricos podem

\* Membro do CAMIN.

ser transmitidos por duas maneiras:

**Transmissão por fio** - Baseia-se na circulação de corrente elétrica através de um circuito fechado.

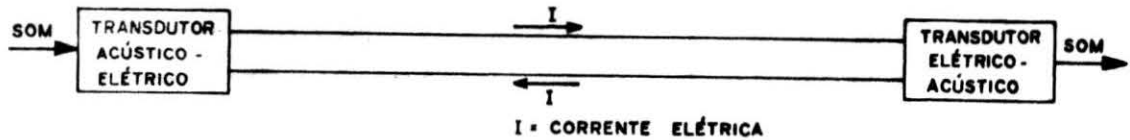


FIGURA 2 - TRANSMISSÃO POR FIO

**Transmissão sem fio** - Baseia-se na propagação de ondas eletromagnéticas.

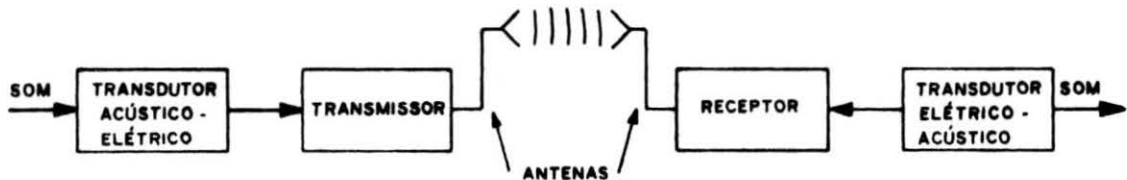


FIGURA 3 - TRANSMISSÃO SEM FIO

### COMUNICAÇÃO POR FIO

A comunicação por fio é a utilizada nos telefones, consiste na aplicação dos sinais elétricos gerados pelo microfone em um par de fios (linha) e recebê-los através de uma cápsula receptora telefônica (transdutor elétrico-acústico).

Utilizando fios, além do telefone (bateria local e bateria central), podemos usar intercomunicadores e o sistema "CARRIER".

### TELEFONE BATERIA LOCAL

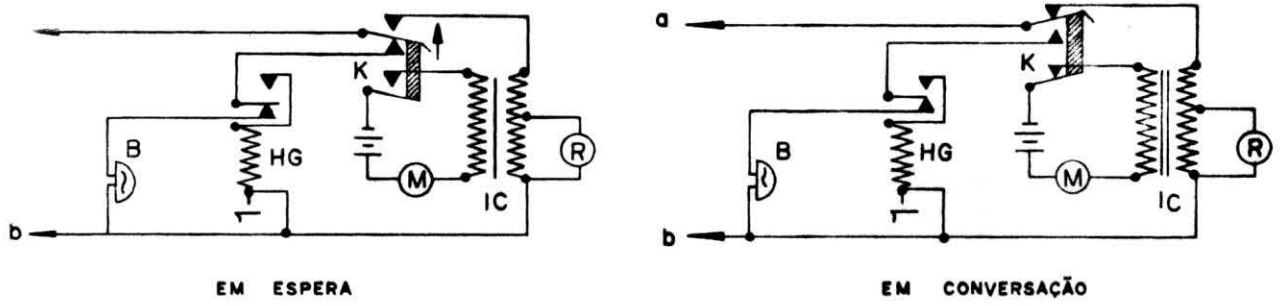
O sistema de Bateria Local é o normalmente utilizado em telefones de campanha.

A figura 4 mostra o diagrama elétrico de um telefone Bateria Local.

A figura 5 mostra a conversação entre dois aparelhos telefônicos Bateria Local.

Em uma operação em caverna, onde se necessita da instalação de vários telefones em paralelo, deve-se observar que o nível da campainha e o nível de áudio irá diminuir com o acréscimo de aparelhos (figura 6).

Quando o posto 1 acionar a manivela de chamada (HG), a campainha (B) de todos os telefones tocará, todos atenderão, e o posto 1 diz com quem quer falar ou pode enviar um comunicado geral.



- M - Microfone
- R - Receptor
- IC - Transformador
- BL - Bateria Local
- K - Contatos do gancho
- HG - Gerador de corrente alternada
- B - Campainha

FIGURA 4 - TELEFONE BATERIA LOCAL

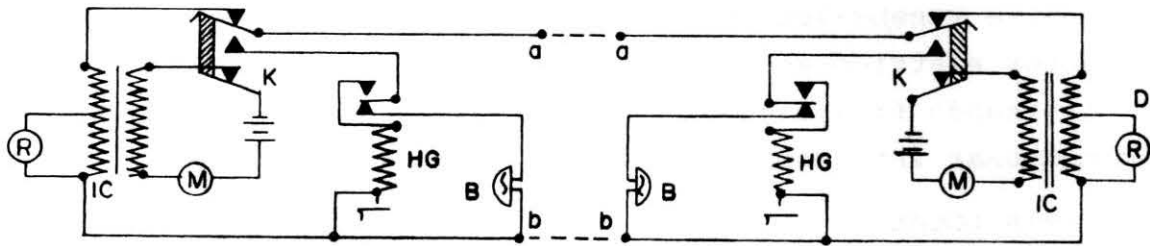


FIGURA 5 - CONVERSAÇÃO ENTRE TELEFONES BATERIA LOCAL

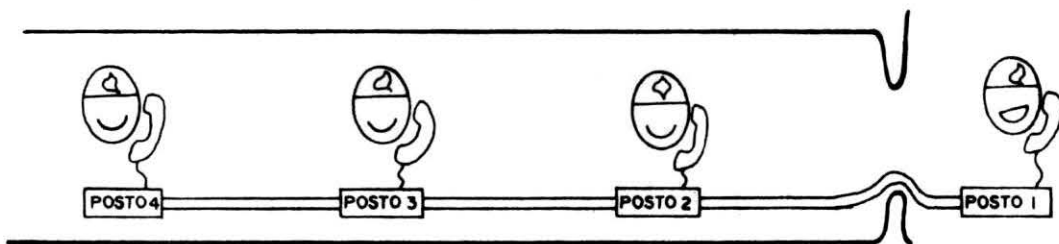


FIGURA 6 - CONEXÃO EM PARALELO DE TELEFONES BATERIA LOCAL

### TELEFONE BATERIA CENTRAL

O sistema Bateria Central é o normalmente utilizado em instalações telefônicas residenciais e necessita estar conectado a uma central telefônica que lhe fornece alimentação.

Mesmo os modelos mais simples de telefones Bateria Central, sem o disco, só é aconselhado o uso em uma instalação semi-permanente em caverna, pois o sistema é complicado e requer supervisão e manutenção especializada.

### INTERCOMUNICADORES

Reservando a palavra telefone exclusivamente para os aparelhos comerciais ou militares de campanha, chamados de intercomunicadores aparelhos dotados de amplificadores eletrônicos, que têm uma utilização parecida com a do telefone Bateria Local.

Os intercomunicadores construídos especialmente para caverna podem ser mais leves, menores, à prova d'água e, se tiver a mesma confiabilidade dos telefones, serão ideais para a comunicação por fio.

A figura 7 mostra um esquema básico de intercomunicador, usando um transdutor único.

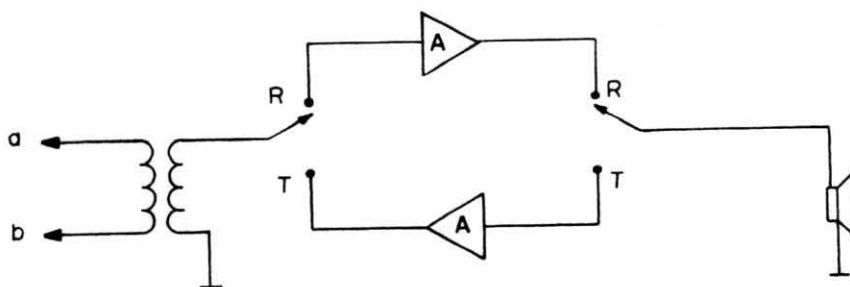


FIGURA 7 - IDÉIA BÁSICA DE UM INTERCOMUNICADOR

### LINHA TELEFÔNICA

Numa comunicação por fio, os cabos de interligação dos equipamentos constituem o maior volume e peso do sistema e, em consequência, a maior dificuldade da utilização da comunicação por fios numa caverna.

As linhas telefônicas devem ser formadas de dois fios isolados e trançados e devem ter boa resistância mecânica e baixa resistância elétrica, o que é conseguido através da combinação de fios de aço e cobre.

Em condições com grande umidade, para distâncias acima de 1 km, a isolamento entre os condutores é mais crítica do que a condutividade; para minimizar este problema deve-se evitar o contato do fio com a água.

Para toda linha instalada fora da entrada da caverna, se não houver dispositivos de proteção, haverá o perigo de relâmpagos atin-

girem a instalação. Por motivo de segurança, em caso de tempestades iminentes, todas as linhas fora da caverna devem ser desconectadas. Deve-se evitar também linhas nas proximidades de instalações elétricas.

O fio de retorno de uma linha telefônica pode ser substituído pela conexão à terra, de um dos terminais do telefone. Este sistema é satisfatório quando um bom contato terra é obtido, que é favorecido pela água e dificultado quando o chão é rocha.

Para evitar um sistema que só funcione em condições específicas, deve-se sempre usar o sistema de dois fios e, no caso de falha de um fio, o outro ainda poderá ser usado, se as condições forem boas, com um retorno pela terra.

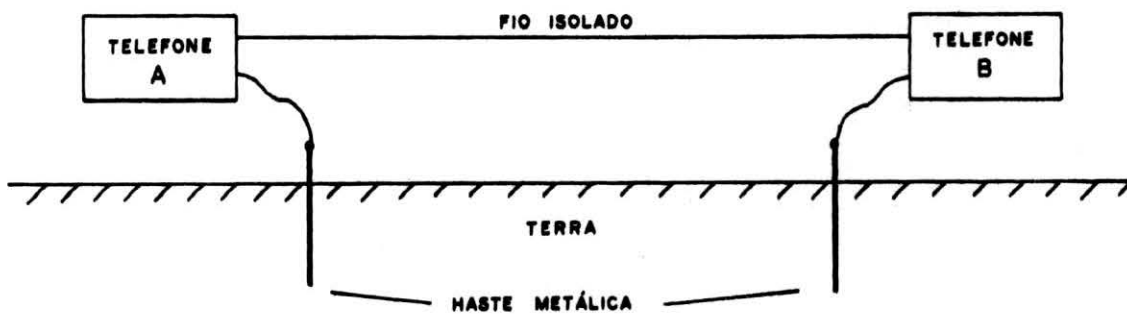


FIGURA 8 - LIGAÇÃO DO TELEFONE COM RETORNO PELA TERRA

#### SISTEMA "CARRIER"

Em cavernas onde existem linhas de alimentação elétrica, pode-se utilizar estes mesmos cabos para estabelecer comunicação ao longo de seu percurso.

Isso é feito injetando-se na linha de alimentação uma portadora (Carrier), de frequência da ordem de 200 KHz, que é modulada pela informação de áudio. Na outra extremidade, um receptor capta esta portadora e recupera a informação. A isolação entre a tensão de alimentação do cabo e o equipamento é feita por capacitores que apresentam alta impedância para a frequência da rede, e baixa impedância para a portadora.

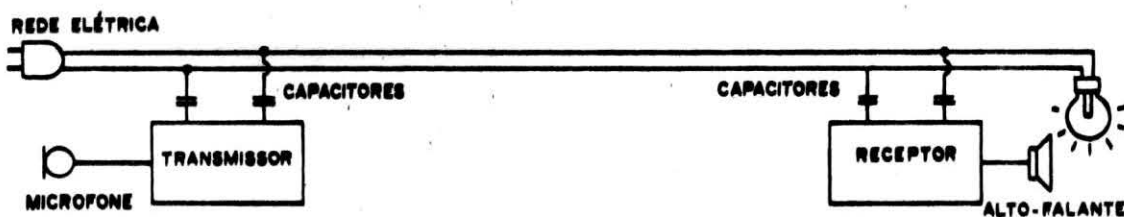


FIGURA 9 - SISTEMA "CARRIER"

## COMUNICAÇÃO SEM FIO

É a comunicação baseada na propagação de ondas eletromagnéticas.

A propagação de ondas eletromagnéticas depende basicamente da sua frequência. Cada faixa de frequência tem suas aplicações. Por exemplo, um "Walkie-Talkie", cuja frequência de operação é por volta de 27 MHz, proporciona uma boa comunicação na superfície da terra, mas dentro de uma caverna os obstáculos diminuem consideravelmente seu alcance.

Dentro de uma caverna, o interessante seria a frequência que possibilitasse uma comunicação entre quaisquer dois pontos ou entre a caverna e a superfície, ou seja, uma frequência de onda eletromagnética que se propague através da rocha.

Em primeira análise podemos dizer que quanto mais baixa a frequência de uma onda eletromagnética, e maior sua componente magnética, maior é sua penetração, que ainda dependerá das características elétricas e magnéticas do obstáculo.

As faixas utilizadas para comunicação em cavernas são conhecidas como VLF (Very Low Frequency - de 3 a 30 KHz) ou LF (Low Frequency - de 30 a 300 KHz).

Para se transmitir fonia (300 Hz a 3 KHz), qualquer que seja o sistema de modulação, para se obter uma boa qualidade, a portadora deve ser no mínimo 15 KHz, sendo utilizado em experiências (referência 2) a frequência de 50 KHz.

## **PRINCÍPIO DA INDUÇÃO MAGNÉTICA**

O uso da indução magnética para comunicação entre a superfície e a profundidade já havia sido demonstrado há mais de 50 anos em minas e cavernas dos EUA, mas foi só a partir de 1960 que seu potencial passou a ser explorado em espeleologia.

A indução magnética baseia-se em se fazer variar a corrente em uma bobina, criando um campo magnético alternado, uma outra bobina colocada neste campo sofrerá indução de corrente similar a que gerou o campo magnético. A máxima corrente é induzida quando as bobinas estão em planos paralelos e seu eixos coincidem. A intensidade do sinal diminui com a razão inversa do cubo da distância (figura 10).

## **COMUNICAÇÃO**

Uma vez estabelecido que é possível, através de campos magnéticos de frequência da ordem de dezenas de KHz, atravessar rochas para estabelecer-se uma comunicação, é necessário somente fazer as variações de campo magnético, conter as informações de áudio que se deseja enviar.

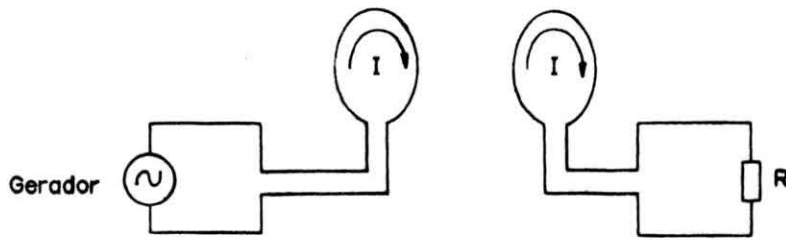


FIGURA 10 - PRINCÍPIO DA INDUÇÃO MAGNÉTICA

A figura 11 mostra o diagrama em blocos de um sistema de comunicação completo.

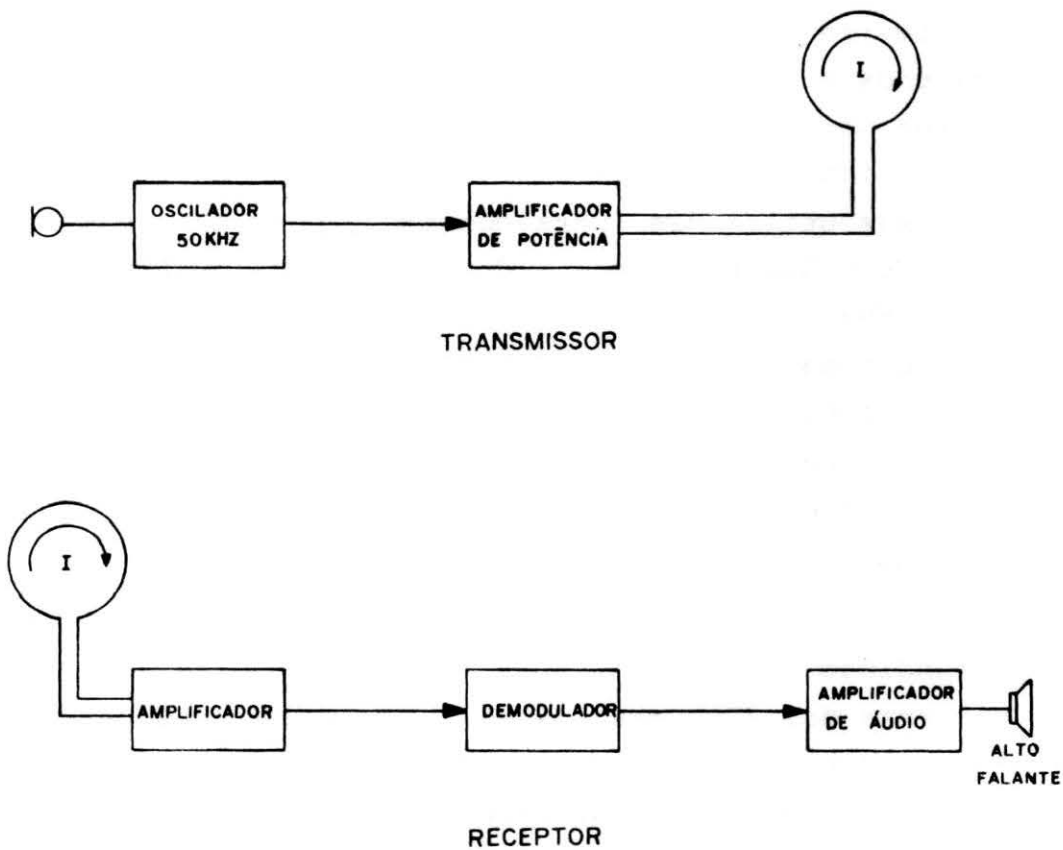


FIGURA 11 - SISTEMA DE COMUNICAÇÃO

É importante notar que cada estação de comunicação deve ter um transmissor e um receptor.

#### ANTENA

Com a utilização da frequência de 50 KHz, o comprimento da onda é de 6000 metros e a antena para máxima eficiência deveria ter 1500 metros. Felizmente, dentro desta faixa há outros fatores, chamados efeitos de campos próximos, que permitem que bons resultados sejam obtidos com antenas bem menores que a dimensão ótima.

Para transmissão, se a antena for de apenas uma espira (for-



ma mais efetiva), o seu diâmetro deve ser de 5 a 10% da distância que separa as duas estações, para uma corrente de 10 amperes.

Para recepção a antena não precisa ser tão grande como para transmissão. As equações mostram que para uma diminuição à metade do diâmetro da antena, para se obter a mesma área efetiva, é necessário quadruplicar o número de espirais.

Considerando-se que as correntes induzidas são baixas, o fio pode ser fino e a referência 2 sugere como tamanho ótimo o diâmetro de 1 metro com 1000 espirais.

Apenas por um motivo de conveniência poderíamos usar antena de transmissão também para recepção.

### MODOS DE MODULAÇÃO

O sinal de áudio pode alterar na portadora a sua amplitude (modulação AM DSB) ou a sua frequência (modulação FM). Na modulação AM pode ser feita a rejeição de portadora (AM - DSB - SC) e ainda a rejeição de uma das bandas laterais (AM-SSB), com objetivo de melhorar a eficiência do sistema.

A modulação mais convencional nesta aplicação é AM DSB. Para se utilizar os outros sistemas, que possuem grandes vantagens, é necessário a utilização de circuitos bem mais complexos.

### ACOPLAMENTO POR FIO

As ondas magnéticas utilizadas para transmissão sem fio têm a propriedade de indução em fios colocados em suas proximidades, sendo possível a captação destes sinais por toda a extensão que um condutor percorrer. Esta propriedade pode ser usada através da instalação específica de um condutor, que tira muitas das vantagens do sistema sem fio ou utilizando linhas instaladas com outras finalidades.

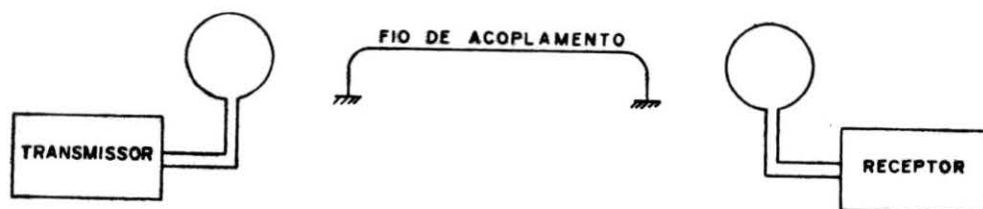


FIGURA 12 - ACOPLAMENTO POR FIO

### APLICAÇÃO EM TOPOGRAFIA

A grande vantagem da utilização deste sistema de comunicação sem fio, graças à sua diretividade e possibilidade de cálculo de distância entre receptor e transmissor é a sua aplicação também em topografia. A referência 4, que trata especificamente de Topografia, mostra na



página 39 como utilizar este sistema.

### CONCLUSÃO

Todos os espeleo-grupos que pretendam fazer operações coordenadas ou mesmo de mais segurança às missões mais simples, devem se preocupar com o sistema de comunicação.

Temos necessidade da construção, no Brasil, do intercomunicador por fio e do sistema sem fio com características apropriadas para as condições severas de uma caverna.

Já iniciamos os estudos para isto, e contamos com a sugestão e a ajuda de todos para que num futuro próximo, possamos divulgar informações ou mesmo fornecer "Kits" para todos os espeleo-grupos do Brasil.

**BOA COMUNICAÇÃO** é a chave para a perfeita coordenação e garantia de moral alta da equipe.

### BIBLIOGRAFIA

LITTLE, W. H. - "Communications Underground-Signals"

Manual of Caving Techniques

LORO, H. - "Communications Underground - Inductive Systems"

Manual of Caving Techniques

ERICSON DO BRASIL - "Aparelho Telefônico Completo"

Introdução aos sistemas AR, Ericson Brasil, 1980

CENTRO EXCURSIONISTA UNIVERSITÁRIO - "Topografia em Cavernas"

CEU, Brasil

BECK, S. - 1982 - "Seminário Nacional de Resgate em Cavernas"

CERAGIOLI, P. C. - "Compatibilidade eletromagnética de Transmissor Marítimo"

Trabalho de Graduação, FESJC, 1981

Críticas, sugestões ou perguntas sobre este trabalho podem ser encaminhadas para:

PAULO CESAR CERAGIOLI

TECNASA Eletrônica Profissional S/A

Av. Brigadeiro Faria Lima, 811

12200 - São José dos Campos - SP

Telefone (0123) 22-3344 - Ramal 37

ou Praça Cândido Dias Castejón, 55, apto. 806

12200 - São José dos Campos - SP

Telefone (0123) 23-2091