

Pesquisa acústica de vazamentos não visíveis. O desenvolvimento de equipamentos nacionais (*)

Mario Edmundo Miguel Dib (*)
Carlos Tsuyoshi Suzuki (*)
João Bosco Daher Correa Franco (*)
Flávio Pereira Lalli (*)

1. INTRODUÇÃO

A aquisição dos primeiros equipamentos utilizados pela Sabesp para pesquisa acústica de vazamento deu-se em 1969, quando do início do contrato de consultoria, firmado pela então Superintendência de Água e Esgotos da Capital-SAEC com a firma Pitometer Associates Inc.

Nessa época, foram adquiridos aproximadamente 30 geofones, instrumentos mecânicos próprios para detecção de vazamentos.

Sua utilização iniciou-se em 1973 quando da implantação dos primeiros Distritos Pitométricos.

Com o correr do tempo e em função dos resultados alcançados nas atividades de pesquisas de vazamentos, a Sabesp resolveu intensificar o seu programa, aumentando as equipes especializadas nesse serviço, que hoje são em número de 11, perfazendo um total de 35 pessoas.

Essa ampliação exigiu a aquisição de novos aparelhos, aumentando ainda mais a necessidade da reposição dos mesmos, pois, ao longo do tempo, podem perder sensibilidade ou mesmo sofrer danos irreparáveis.

Já por volta de 1974, a importação de equipamentos se tornava cada vez mais difícil e onerosa, fazendo prever que a dependência de produtos externos seria um inconveniente muito perigoso, pois colocaria em risco todo o sucesso do programa de Redução e Controle de Vazamentos.

Começaram, então, as primeiras tentativas para a produção de um geo-

fone nacional com os recursos existentes na própria Companhia.

O sacrifício de um aparelho foi necessário para conhecer a sua constituição, tipo de material, forma de montagem etc.

Entretanto, essa pesquisa não recebeu a atenção e o empenho necessários e nada se conseguiu de concreto.

Por volta de 1976, a Sabesp contratou o IPT para desenvolvimento do geofone mecânico e, a partir daí, deu início a um estudo conjunto IPT-Sabesp para conhecer melhor o equipamento.

Através do estudo dos manuais de equipamentos importados, do comportamento dos transdutores utilizados nesses equipamentos e, principalmente, através de pesquisas do tipo iterativo chegou-se à conclusão que, na grande maioria dos vazamentos em redes subterrâneas de distribuição de água, as vibrações geradas e que são transmitidas até a superfície com maior eficiência e nitidez, situam-se na faixa de frequências em torno de 400 Hz.

2. GEOFONE MECÂNICO

Consultados todos os membros das diversas equipes de pesquisa acústica, pôde ser verificado que um certo modelo de geofone se destacava dos demais. Sem danificá-lo, todos os estudos foram feitos tomando-o como objetivo. A qualidade era a meta a ser alcançada.

Através do conhecimento do geofone eleito como ideal e dos estudos desenvolvidos, chegou-se à descrição do equipamento que pode ser assim definido: geofone mecânico é um equipamento composto por dois transdutores que, posicionados sobre o solo, transformam as vibrações mecânicas em sinais acústicos, os quais são transmitidos separadamente aos dois canais auditivos do operador por meio de guias de onda.

A Figura 1 apresenta um corte do transdutor mecânico-acústico, que consta de um sistema ressonante mecânico com um grau de liberdade, composto por uma massa cilíndrica presa entre duas molas circulares. O perímetro dessas molas está acoplado rigidamente à carcaça que lhe transmite as vibrações do solo. Esse sistema ressonante tem frequência natural em torno de 390 Hz, favorecendo, assim, a transdução das vibrações na faixa de frequência em que os sinais gerados pelos vazamentos são transmitidos à superfície com maior eficiência.

A transdução mecano-acústica é realizada na cavidade superior, que tem as superfícies internas da carcaça como paredes fixas e a mola circular superior como parede móvel. A movimentação da mola superior em relação à carcaça gera uma pressão sonora na cavidade. Essa pressão sonora é comunicada ao ouvido do operador por meio de um guia de onda composto pelo orifício do bico da carcaça, por uma mangueira de plástico e um dos lados do auricular que o operador acopla a seus canais auditivos.

Apesar da aparente simplicidade do geofone, o seu desenvolvimento não foi simples e por várias vezes se chegou a duvidar do sucesso do estudo. Algumas ocorrências são dignas de serem destacadas.

2.1. Calibração

É um dos fatores mais importantes do aparelho e é feito por meio da maior ou menor pressão das membranas (molas circulares) sobre o chumbo (massa cilíndrica), definindo a sua melhor frequência de operação.

Os maiores problemas residiram na obtenção de calibrações idênticas para todos os equipamentos montados, pois no início e por um bom período da pesquisa, não se conseguiu

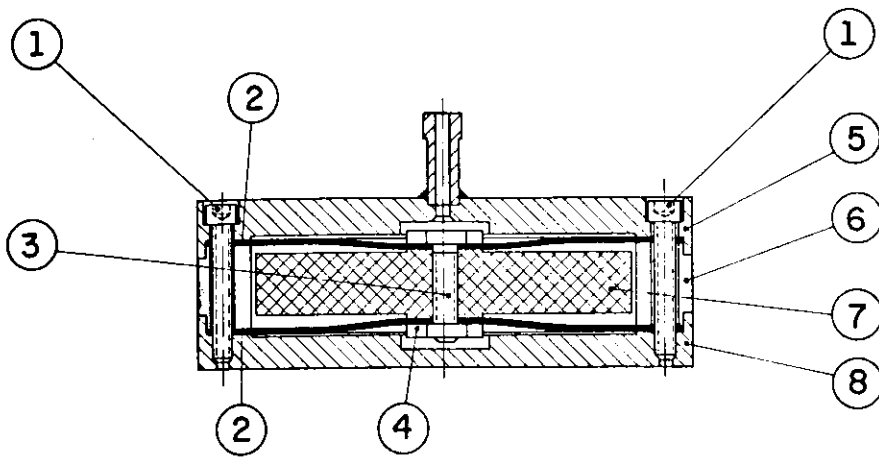
(*) Trabalho apresentado no 12.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú, SC, Novembro de 1983

(1) Chefe da Divisão de Operação de Água, Diretoria de Operação da Região Metropolitana, Sabesp

(2) Encarregado de Pesquisas Pitométricas, Diretoria de Operação da Região Metropolitana, Sabesp

(3) Gerente de Engenharia, IBCT Eletrônica Ltda.

(4) Engenheiro Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A



- 1 - PARAFUSO DE FIXAÇÃO.
- 2 - MEMBRANA (MOLA CIRCULAR).
- 3 - PARAFUSO DE FIXAÇÃO DO CONJUNTO MEMBRANA-CHUMBO.
- 4 - PORCA DE AUXÍLIO PARA FIXAÇÃO DO CONJUNTO.
- 5 - CARCAÇA SUPERIOR.
- 6 - ANEL QUE ENVOLVE O CHUMBO.
- 7 - CHUMBO (MASSA CILÍNDRICA).
- 8 - CARCAÇA INFERIOR.

Figura 1

montar dois geofones com respostas na mesma faixa de frequência.

A forma de retenção do chumbo entre as membranas foi outro grande problema a ser resolvido, pois não raras vezes ele se soltava fazendo com que o geofone perdesse toda a sua sensibilidade.

A vedação foi também um aspecto que influenciou bastante na qualidade do geofone, pois não sendo boa, permite que o som escape, deixando de ser transmitido pelas mangueiras até o auricular, não permitindo ao operador a localização de vazamentos.

2.2. Mangueiras

O geofone não é um equipamento que dê ao operador o conforto suficiente para usá-lo continuamente por muito tempo. Quanto menor o comprimento das mangueiras, mais curvado ficará o operador, provocando um desgaste físico maior. Esse fator depende diretamente da qualidade da mangueira utilizada. Quanto maior for o grau de absorção do som pela mangueira, menor terá de ser o seu comprimento. Além disso, quanto mais rígida ela for, maior ruído ela provocará ao roçar a outra mangueira, ou o próprio corpo do operador, produzindo ruídos indesejáveis que prejudicam a pesquisa.

A escolha da mangueira foi, então, parte muito importante do desenvolvimento do aparelho.

2.3. Auriculares

A forma dos terminais dos auriculares é de grande importância. São encontradas no mercado auriculares do tipo reto e do tipo com curva na extremidade, este último mais confortável devido a sua melhor acomodação ao ouvido.

A pressão exercida pelo auricular não deve ser grande nem tão pequena, é necessário que fique solto.

2.4. Oliva

É a peça que fica acoplada aos terminais do auricular e, conseqüentemente, em contato com o ouvido.

Geralmente, as olivas são feitas em material plástico rígido e qualquer dano que lhes provoque algum arranhão poderá ferir o ouvido. Assim, foi pesquisado no mercado um fabricante que fornecesse olivas feitas em borracha, bem mais suaves e adequadas que o plástico.

2.5. O homem

É evidente que a aprovação de qualquer protótipo desenvolvido teria de ser dada pelos próprios usuários, sem o que não se poderia concluir da qualidade do geofone. Essa foi uma etapa árdua, pois o som não se explica em palavras e o tom das observações sobre o desempenho giravam em torno de: "está muito grave" ou "está muito agudo".

Somente após muitas experiências, trocas de idéias, testes e pesquisas acústicas com o equipamento é que se pôde alcançar um estágio que coloca hoje o geofone produzido pelo IPT com uma performance de 80% em relação ao geofone "ideal", eleito pelas equipes da Sabesp.

3. GEOFONE ELETRÔNICO

Uma vez vencida a primeira etapa de desenvolvimento de um aparelho mecânico para detecção de vazamentos, sentiu-se a possibilidade de se alcançar uma nova fase: o desenvolvimento de um geofone eletrônico.

Novamente, a Sabesp fez um contrato para desenvolvimento de um detector eletrônico de vazamento com o IPT e os primeiros protótipos foram produzidos da maneira mais simples e econômica, bem artesanal.

O sensor era acondicionado em uma luminária de alumínio e o amplificador tinha dimensões bem grandes, nada operacional. Além do controle de volume, existia um controle de frequência que permitia filtrar determinados ruídos inconvenientes.

Em função dos testes realizados, das opiniões e julgamentos das equipes, decidiu-se por novos protótipos, sem filtro de frequência, com sensores mais pesados. A luminária de proteção do sensor foi substituída, inicialmente, por uma peça de fibra e posteriormente por outra de metal.

A eliminação do filtro seletor de frequência se deve ao fato de que a operação do equipamento se torna mais difícil com a sua existência. O conhecimento da faixa de frequência de ocorrência dos vazamentos permitiu o desenvolvimento de um sensor que atuasse nessa faixa, impedindo-o de captar sons fora da frequência dos vazamentos. Dessa forma, o sensor é o próprio filtro.

Os fios foram pesquisados de maneira a evitar que funcionassem como antena, captando sons externos.

Finalmente, alcançou-se um estágio em que se pode considerar o geofone eletrônico com performance suficiente para ser produzido e adquirido pelas empresas de saneamento interessadas em pesquisar vazamentos.

Uma descrição do que seja o equipamento nacional produzido pelo IPT pode ser feita da seguinte forma: o geofone eletrônico é composto por um transdutor eletromecânico que, a partir das vibrações do solo, gera sinais elétricos que são comunicados a um amplificador eletrônico que amplifica e condiciona esses sinais, os quais, a seguir, são comunicados ao fone de ouvido onde é feita uma segunda transdução eletroacústica.

A peça fundamental do equipamento é o transdutor que capta as vibrações do solo. A Figura 2 mostra um corte dessa parte do equipamento, composto por um invólucro pesado para evitar interferências externas,

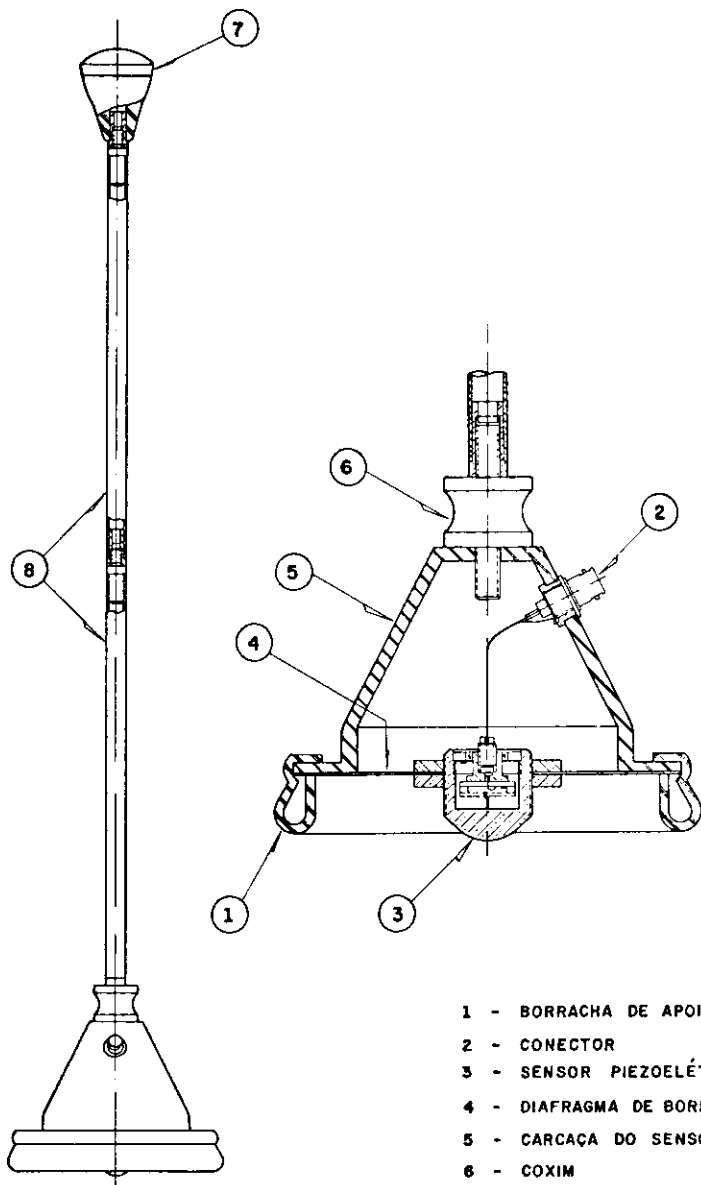


Figura 2

um apoio elástico para o correto posicionamento do sensor e o próprio sensor.

A transdução eletromecânica é feita por um transdutor piezoelétrico acoplado à parte central do transdutor onde as conexões elétricas são realizadas, sendo que todo o conjunto central (incluindo o elemento transdutor) compõem a massa de um sistema ressonante mecânico com um grau de liberdade. É completado por uma mola em borracha, cuja periferia está fixada à carcaça externa do sensor, que entra em contato com o solo e transmite as vibrações ao elemento transdutor. A frequência de ressonância do sistema situa-se em torno de 400 Hz. O amplificador eletrônico condiciona e amplifica o sinal, oferecendo, além do controle de volume, uma facilidade importante, que é uma chave com uma única posição estável (desligada), evitando que os sinais de impacto gerados pelo posicionamento e retirada do sensor no solo atinjam

o ouvido do operador. Este após posicionar convenientemente o sensor, aciona esta chave a fim de auscultar o vazamento.

Além do sensor já descrito, utilizado para determinar a posição de vazamento em tubulações subterrâneas, foi desenvolvido um outro sensor com o mesmo princípio de funcionamento, para a detecção de vazamentos através de contato direto com as paredes da tubulação. Esse sensor tem frequência de ressonância em torno de 700 Hz, mais adequada a esse tipo de pesquisa e é acondicionado em uma manopla a qual são acopladas hastes de extensão que, por sua vez, são os elementos de transmissão das vibrações das paredes das tubulações até o sensor, na mão do operador. O amplificador eletrônico apresenta, assim, uma chave para a comutação de sensores, uma vez que eles exigem tipos diferentes de condicionamento.

4. COMPARAÇÃO ENTRE OS GEOFONES MECÂNICOS E ELETRÔNICOS

Essa comparação, se feita por um usuário de qualquer um dos tipos, nunca será imparcial.

O operador acostumado ao uso de um equipamento mecânico muito dificilmente conseguiria adaptar-se ao eletrônico. Se uma empresa que utiliza o aparelho mecânico resolver pura e simplesmente trocá-los por eletrônicos, mantendo os mesmos operadores, verá o seu programa sofrer consequências desagradáveis.

O uso do geofone é semelhante a tocar algum instrumento musical de ouvido. É, portanto, algo que não se ensina, mas consiste numa qualidade individual, razão pela qual nem todas as pessoas estão aptas a utilizá-lo.

Apresenta-se, a seguir, informações operacionais sobre os dois tipos:

4.1. Geofone mecânico (Figuras 3 e 4)

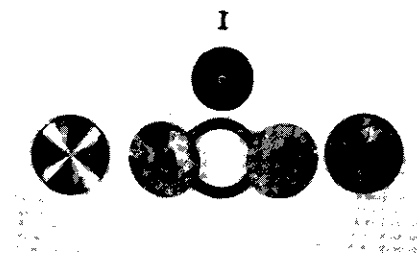


Figura 3 — Transdutor desmontado do geofone mecânico

Vantagens

- Pode ser utilizado em qualquer tipo de pavimento;
- Não depende da unidade local e opera em terreno úmido sem que isso provoque danos no aparelho;
- É muito resistente e não necessita de medidas especiais de transporte.

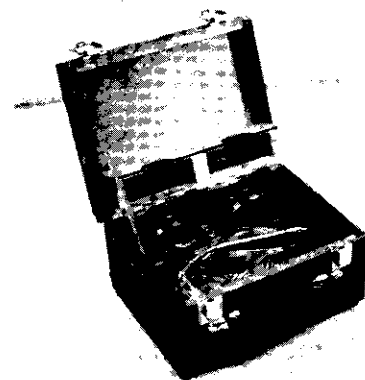


Figura 4 — Geofone mecânico na sua embalagem

Desvantagens

- É muito desconfortável para o operador e, por isso mesmo, de uso muito cansativo;

— É menos sensível que o eletrônico, exigindo um empenho maior do usuário.

4.2. Geofone eletrônico (Figuras 5 e 6)



Figura 5 — Evolução do geofone eletrônico

Vantagens

- É mais confortável;
- É bastante leve e operacional;
- É mais sensível.

Desvantagens

- Não é adequado para certos tipos de pavimentos, principalmente os de características irregulares, pois, não havendo acomodação adequada do sensor, não haverá captação do ruído do vazamento;
- Não é recomendável o seu uso em terrenos molhados ou úmidos;

— Em pisos de concreto, sendo boa a transmissão do som e grande a sensibilidade do equipamento, somente a experiência de um bom operador permite indicar a posição exata do vazamento.

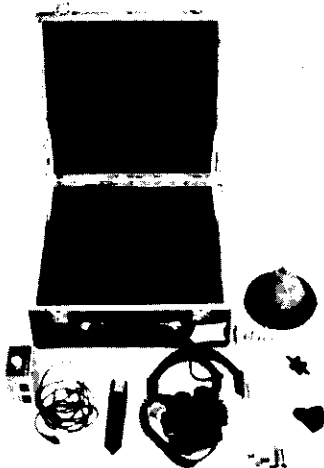


Figura 6 — Último modelo do geofone eletrônico (1983)

5. CONCLUSÕES

Não se pode dizer que os geofones mecânicos e eletrônicos tenham alcançado a sua melhor performance. Ainda há o que fazer e ser melhorado.

O tipo mecânico pode ter a sua sensibilidade aumentada e reduzido o seu custo através de um aprimoramento do seu projeto.

O geofone eletrônico tem ainda pela frente um grande percurso. Sua qualidade, no tocante à eliminação de

ruídos externos, como também o controle da sensibilidade e as conexões de contato podem ser melhor implementados.

Deve ser ainda desenvolvido um aparelho de indicação visual de intensidade do som, muito importante para a localização de vazamentos, quando o sensor de solos não puder ser usado.

Como em toda pesquisa e desenvolvimento, os geofones exigem investimentos e essa é a sua maior necessidade.

Sugerir às empresas de saneamento que se unam para viabilizar o aprimoramento de aparelhos que são do seu interesse é uma das soluções, mas promover essa união é uma tarefa bastante difícil.

Considerando que os geofones são instrumentos importantes para o sucesso de um programa de redução e controle de vazamentos, talvez caiba ao BNH ou à ABES, através de seus departamentos específicos, a missão de promover a implementação desses equipamentos e de outros. A necessidade de importação, além de dificultar o início e o desenvolvimento de inúmeras atividades, é altamente inconveniente ao País.

Conhecimento e tecnologia não são adquiridos sem esforço e sem custo, mas sim com dedicação, persistência e investimentos racionais, obviamente sob coordenação adequada de quem possa selecionar convenientemente as pesquisas que realmente beneficiem as companhias de saneamento.