

SIA 184

DOCUMENTO MICROFILMADO

SIA (BRAZIL) NO. 184

AGRICULTURA

SERVIÇO DE INFORMAÇÃO AGRÍCOLA

# ÁGUA SUBTERRÂNEA

**Eng. JOSÉ MIRANDA**

Chefe da Secção de Pesquisa de jazidas  
e Sondagens da D. F. P. M.

184

(Separata do "Boletim do Ministério  
da Agricultura" — agosto de 1943)



1944

SERVIÇO DE INFORMAÇÃO AGRÍCOLA  
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA  
RIO DE JANEIRO  
BRASIL

P10

BR 6.06579



## ÁGUA SUBTERRÂNEA

Eng. JOSÉ MIRANDA

Chefe da Secção de Pesquisa de Jazidas -  
e Sondagens da D. P. F. M.

As águas que circulam no subsolo ou que aí se armazenam, em virtude das infiltrações das águas meteóricas através das rochas que constituem os diferentes terrenos, formam importantes fontes de abastecimento do precioso líquido para os seus diferentes usos.

A quantidade, a qualidade e a maior ou menor facilidade para sua obtenção estão na dependência da natureza das rochas ocorrentes em cada região.

As águas que circulam no subsolo dissolvem substâncias diversas, constituintes dos terrenos que atravessam; precipitam outras já dissolvidas, donde resultam águas de composições diversas e às vèzes depósitos minerais de valor econômico.

Rochas mais porosas absorvem maior quantidade das águas meteóricas, dependendo do arranjo e natureza das diferentes camadas sedimentárias o armazenamento e retenção do maior volume do líquido em circulação. Nas formações de origem ígnea e metamórfica, a circulação das águas no subsolo se faz por meio das fendas e grêtas existentes nesses tipos de rochas.

Existem os casos de penetração profunda das águas meteóricas, através de rochas de várias origens, sofrendo aquecimento, dissolvendo substâncias minerais constituintes das rochas presentes e que vão constituir as fontes de águas minerais.

Por alguns geólogos é admitida a origem magnética, isto é, vindo da profundidade, como soluções ígneas, para certas fontes termais. São denominadas águas juvenis.



A utilização das águas subterrâneas no Brasil tem tomado grande desenvolvimento nos últimos tempos, no abastecimento das pequenas cidades, núcleos agrícolas e indústrias diversas.

As pesquisas tem sido realizadas não só nos terrenos constituídos de rochas sedimentárias como arenitos, folhelhos e calcáreos, mas também nos terrenos de rochas metamórficas, tais como xistos e gnaisse.

A quantidade de água subterrânea depende da altura pluviométrica na região, além do tipo de rochas nelas existente.

O perfil geológico típico, realizando condições mais favoráveis para a formação de um lençol de água subterrânea, é o que representa a figura 1. Tem-se uma camada permeável que recolhe grande parte das águas de precipitação atmosférica, as quais ficam retidas pela camada impermeável subjacente.

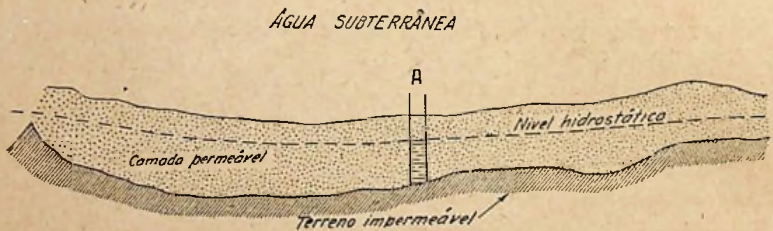


Fig. 1

A espessura da camada permeável, o grau de porosidade da rocha de constituição, o perfil da camada impermeável e as condições meteorológicas da região são fatores de que depende a vazão de um poço aberto em A.

Se a camada permeável, reservatório, se encontra entre duas camadas impermeáveis (Fig. 2), tem-se a condição de artesianismo, tornando-se jorrante o poço aberto em A.

No caso dos terrenos metamórficos ou nas regiões que foram sujeitas a forte tectonismo, as condições são mais complexas. A circulação da água subterrânea ali se faz pelos orifícios, fendilhamentos, falhas, oferecendo a pesquisa maiores dificuldades e incertos os resultados.

ÁGUA SUBTERRÂNEA

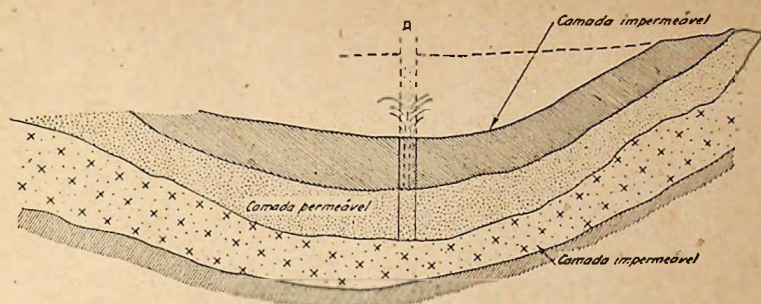


Fig. 2

A pesquisa de água subterrânea  
no Brasil

Já se contam várias cidades, fábricas e núcleos agrícolas que tem utilizado com resultado a água do subsolo para o seu abastecimento.

*Região nordestina* — A Inspeção Federal de Obras Contra as Secas (I. F. O. C. S.) manteve durante alguns anos, a partir de 1910, uma secção de estudos geológicos com o objetivo principal de determinar as condições hidrogeológicas das regiões sujeitas às secas periódicas no nordeste brasileiro.

As observações feitas pelos geólogos Darrell Grandall, Ralph H. Sopper e Horatio L. Small, nos anos de 1910 a 1914, trouxeram importantes dados sobre a possibilidade de serem pesquisadas e utilizadas com êxito as águas armazenadas em várias formações geológicas daquela região.

Em 1924 o geólogo Luciano Jaques de Moraes apresentou importante trabalho sobre a geologia do nordeste brasileiro, sob a denominação de "Serras e montanhas do nordeste", focalizando importantes fácies geológicas relacionados intimamente com as condições hidrológicas.

Os trabalhos de Grandall e Sopper se estenderam aos Estados da Baía, Sergipe, Alagoas e Pernambuco.



A coluna geológica na região acima referida está representada:

1. Gnaisses, xistos cristalinos.
2. Quartzitos e arenitos duros (Série Itabaiana — Sergipe, com cêrca de 380 m).
3. Folhelhos, ardósias e calcáreos cinzentos (Siluriano Superior) — Folhelhos coloridos, arenitos calcáreos (permiano — cêrca de 3.700 m).
4. Calcáreos e arenitos — Cretáceo.
5. Areia e argila — Cretáceo e Terciário.

1. “O suprimento d’água nesta região é, ao mesmo tempo, o problema mais importante e mais difícil que se tem enfrentado. O mais importante, em virtude dessas rochas ocuparem muito maior área do que as outras, e o mais difícil, por causa da composição variada das mesmas rochas”, escreve Sopper.

As águas nas rochas cristalinas se encontram nas zonas de fendilhamentos, falhas, contactos. Na zona cristalina da Baía, Sergipe, Alagoas e Pernambuco, a água encontrada nas rochas cristalinas é em geral de má qualidade; mas serve no entanto para o uso dos animais.

Dos poços perfurados pela I. F. O. C. S., de 1910 a 1914, nas rochas cristalinas, em número de 77, 62 deram bom resultado (80,5%), sem contar a qualidade da água.

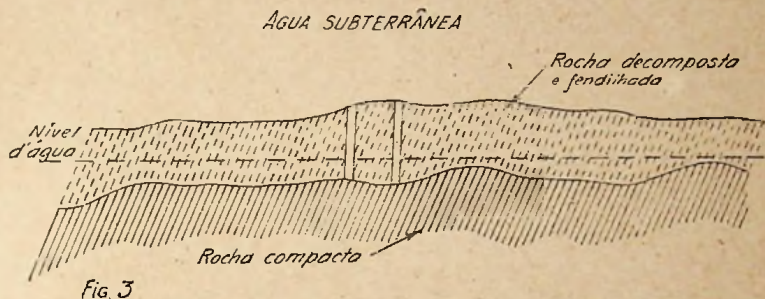
Nas rochas desse tipo, o perfil geral, que indica o modo de ocorrência da água subterrânea, é o assinalado na fig. 3.

Nas regiões em que domina o gnaissé compacto ou o granito, formando escarpas ou ondulações fortemente inclinadas, o escoamento das águas pluviais se faz rapidamente, acumulando estas nos vales e bacias, sendo comum formarem-se zonas completamente secas com a escassez das precipitações atmosféricas. Nestas regiões só o trabalho do homem poderia formar as câmaras ou bacias de armazenamento ou reservatórios de compensação. Só os grandes açudes determinarão a retenção das águas nos tempos normais.

Esse tem sido o trabalho da I. F. O. C. S.

2. Nas formações dos quartzitos e arenitos duros que tem a denominação geológica de quartzitos de Itabaiana, por ser nas proxi-

midades daquela cidade sergipana a sua formação mais conspícua, a presença de lençóis subterrâneos é duvidosa. Nesse caso os poços não devem ir além de 50 m.



3. Na série dos arenitos, folhelhos e calcáreos da ordem das que se encontram nas proximidades da cidade de Estância, no Estado de Sergipe, as condições de armazenamento de água subterrânea são variáveis. Nos arenitos metaniorfoseados em quartzitos, essas condições são desfavoráveis. No entanto há casos de acumulação de água subterrânea nos planos de estratificação.

Nos calcáreos dessa formação, parcialmente cristalinos, a impermeabilidade dos mesmos torna problemática a obtenção de água por meio de poços. Nos folhelhos há também pouca probabilidade de ser obtida a água em quantidade satisfatória.

4. Nos calcáreos e arenitos cretáceos, as condições para armazenamento de água subterrânea são em geral boas, quer nas regiões do litoral, como na bacia do S. Francisco, quer na chapada do Araripe, no Ceará.

5. Nas formações terciárias dos tabuleiros é fácil o encontro de água subterrânea por meio de poços com 50 m de profundidade.

No Ceará, pelo mapa traçado por Horatio L. Small, sob o ponto de vista do suprimento de água subterrânea (Publicação n. 32, da I.F.O.C.S.), verifica-se que grande parte do Estado é coberta pelas rochas do complexo cristalino, xistos e gnaisses, constituindo zona de água incerta.

Segue a formação de arenitos, que êle denomina da série da serra Grande, em que é provável água subterrânea. Vem depois uma série



de calcáreos com água improvável. Somente os arenitos e argilas superiores são formações indicadas para obtenção de água subterrânea satisfatória. As regiões de aluviões são de água incerta.

No Piauí a área de sedimentação cobre a maior parte do Estado, composta de camadas de arenitos, folhelhos e arenitos calcáreos, referidos do permiano ao cretáceo, sendo em tôdas essas rochas provável a água subterrânea.

A faixa cristalina é relativamente pequena, na qual é improvável a existência de água subterrânea.

A Inspetoria Federal de Obras Contra as Sêcas tem furado grande número de poços, quer para particulares, quer para uso público, mas devemos notar que a carência de força mecânica torna muito limitada a utilização de tais poços. Em alguns lugares tem sido empregado o catavento.

Essa grande e riquíssima região do território brasileiro, vitimada periódicamente pela calamidade das sêcas, atravessa épocas de miséria.

A construção das boas rodovias, pela I.F.O.C.S. e de grandes açudes já tem trazido um alívio imenso aos nordestinos.

O prosseguimento do estudo das possibilidades de pequenos abastecimentos por meio de água subterrânea contribuiria com novos elementos para o bem e o progresso da região. Mas isso está intimamente ligado à obtenção de energia a preço acessível.

Queremos acreditar que a industrialização do país, em marcha, poderá em breve fornecer motores apropriados (decorrendo a sua construção de estudos realizados em instituto nacional) ao emprêgo de gasogênios e do alcool-motor, que poderá ser produzido em qualquer ponto do sertão brasileiro.

Sem a mecanização apropriada, o aproveitamento da água subterrânea em certa escala torna-se impossível.

As pesquisas nessa parte do país só tem sido realizadas com o auxílio do governo. As emprêsas que se dedicam a êsses trabalhos ainda não podem oferecer o serviço acessível ao particular, em tais regiões.

Devemos, porém, notar que a cidade de João Pessoa, na Paraíba, há muito, é abastecida por meio de água subterrânea.



O Escritório Técnico Saturnino de Brito realizou o abastecimento de Natal, Rio Grande do Norte, por meio de poços tubulares.

A sondagem executada pela D.F.P.M. em Teresina, com o objetivo principal de verificar condições de artesianismo nas margens do Parnaíba, não só demonstrou possante lençol de água subterrânea como trouxe elementos de alto valor ao estudo estratigráfico da região, definindo uma coluna geológica contendo possante formação de idade carbonífera. Essa sondagem atingiu perto de 600 m de profundidade.

*Estados do sul* — A pesquisa de água subterrânea nos estados do sul tem sido intensificada. Várias são as cidades que tem o seu abastecimento de água, tôda ela captada do subsolo.

Compreende-se êsse maior desenvolvimento no sul, pelas facilidades de transporte, existência de emprêsas aparelhadas na Capital Federal e nas cidades de São Paulo e Belo Horizonte, bem como a existência de força motora em condições favoráveis.

\* *Distrito Federal e Estado do Rio de Janeiro* — Tôda a área sedimentária compreendida entre a serra do Mar e o litoral oferece condições favoráveis ao armazenamento de água subterrânea capaz de abastecer núcleos agrícolas, indústrias e pequenas cidades.

Não só na área do Distrito Federal como na do Estado do Rio tem sido praticados vários furos de sonda com o objetivo de captar água do subsolo, em grande maioria produtivos. Vários deles tem sido praticados pelo serviço público e muitos outros por emprêsas especializadas nesse gênero de trabalho.

Na região em aprêço o lençol aquífero se forma nos sedimentos arenosos das bacias quaternárias e pliocênicas.

Nos pontos em que a espessura do sedimento é reduzida, a rocha subjacente é geralmente constituída de gnaiss fendilhado, permitindo o acúmulo de água em condições satisfatórias.

O antigo Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil executou sondagens para água subterrânea em Campo Grande, Deodoro e Nova Iguassú, para a Divisão de Fomento da Produção Vegetal.

A Divisão de Fomento da Produção Mineral executou, mais recentemente, sondagens em Realengo (para dependências do Ministério da Guerra), Palácio Guanabara, Itacoatiara (município de São

Gonçalo), Instituto Vital Brasil (Niterói), tôdas com resultados satisfatórios.

Muitos outros furos foram executados com bons resultados, por empresas particulares.

O preço médio da sondagem, não incluindo tubulações e revestimentos, para profundidades até 80 metros, é de Cr\$ 100,00 a Cr\$ 200,00 por metro de profundidade.

*Minas Gerais* — Talvez seja êsse o Estado em que mais tem sido utilizada a reserva de água subterrânea para abastecimento público.

As cidades que tem o seu abastecimento por meio de água proveniente de poços tubulares são principalmente as seguintes: Araxá, Bambuí, Formiga, Luz e Curvelo. Em várias outras estão sendo realizadas pesquisas, com êsse objetivo, tais como, Sete Lagoas, Corinto, Divinópolis, Abaeté, São Sebastião do Paraíso.

A D. F. P. M. está executando, em colaboração com o governo estadual, sondagens para água subterrânea nas cidades de Sete Lagoas, Corinto e Divinópolis.

Encontra-se cobrindo grande área do Estado de Minas uma formação estratigráfica conhecida na literatura geológica com o nome de Série Bambuí, composta de calcáreos, folhelhos e ardósias. Nessa série as condições de acumulação de água subterrânea tem sido das mais favoráveis. Assim é que os poços executados em Sete Lagoas e Bambuí deram vazões de 60 litros na primeira e 20 litros na segunda localidade.

A região arquiiana, que cobre grande parte do Estado, formada pelos gnaisses e xistos, principalmente, é a mais pobre em reserva de água subterrânea. Constitue o caso de Formiga e Divinópolis.

A região do Triângulo Mineiro, onde predominam os derrames basálticos que deram origem à terra rixa conhecida, apresenta possibilidades de obtenção de água subterrânea em boas condições no arenito conhecido pelo nome de Botucatu, encontrado sob o lençol basáltico em muitas localidades.

A cidade de São Gotardo é abastecida por água subterrânea, encontrada na formação Botucatu, em contacto com rocha de Série Bambuí.



A formação conhecida pelo nome de Série Minas, predominando na região central do Estado, composta principalmente de filitos, quartzitos, micaxistos, itabiritos, gnaisses e calcáreos, apresenta-se fortemente dobrada e rica em água superficial.

A água subterrânea é também encontrada em abundância, principalmente no horizonte dos itabiritos, rocha ferruginosa, porosa e considerada como excelente reservatório de água subterrânea.

As formações arenosas que constituem a chamada Série Itacolomi, composta de arenitos, quartzitos e filitos, é também muito rica em água superficial e oferece em muitos casos excelentes condições para acumulação de água subterrânea.

*Outros estados* — Os estados do sul do país, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, bem como os Estados centrais de Goiaz e Mato Grosso são dominados por grandes áreas de sedimentação, sem apreciáveis movimentações diastróficas, constituindo o arranjo dos terrenos excelentes condições para o armazenamento de água subterrânea. No Estado de São Paulo, onde se encontram os recursos necessários para a pesquisa e captação dos lençóis aquíferos subterrâneos, são em grande número as localidades, fábricas, usinas e núcleos agrícolas que se abastecem de água captada diretamente do subsolo.

### Pesquisa e captação

Antes de se praticar a abertura de um poço deve ser feito um reconhecimento geológico na região, estudando o arranjo e natureza das rochas que formam os terrenos locais. Esse reconhecimento deverá ter em vista os afloramentos conhecidos dos lençóis existentes, a espessura provável das rochas expostas e o estudo destas quanto à porosidade, permeabilidade, fendilhamento, falhas, dobras, etc.

Há casos em que se torna necessária a execução de um furo de sonda "tést", com o objetivo de bem definir a estratigrafia local e conhecer o estado das rochas em profundidade.

A locação de um furo de sonda para água subterrânea deve atender à menor profundidade do lençol e ao mesmo tempo à posição do reservatório de distribuição, como condição de ordem econômica.

As sondagens devem ser executadas com um diâmetro de 17 a 12 cm ou mais, não convindo que a profundidade exceda de 100 m.

Devem ser usados de preferência perfuradoras que permitam a testemunhagem das rochas atravessadas, para perfeito estudo destas.

Os poços deverão ser convenientemente revestidos usando-se crivos especiais na parte que interessa a camada aquífera.

Em certas localidades, quando o lençol aquífero se acha a pequena profundidade, os poços são abertos manualmente e poderá esta operação ser assim executada até 20 metros de profundidade.

Já tem aparecido no Brasil quem tenha feito o uso da "varinha mágica" para a pesquisa de água subterrânea. Parece que certos indivíduos são dotados de sensibilidade especial que acusa a presença de água no subsolo e mesmo de outras substâncias minerais. Não é um processo baseado em método científico conhecido.

A pesquisa de águas profundas exige o conhecimento da estrutura geológica local, além da natureza e disposição das rochas encontradas. Depende, portanto, dos conhecimentos do geólogo, podendo ser empregados os processos geofísicos como poderosos auxiliares.

Os processos geofísicos poderão fornecer informações diretas ou indiretas quanto à ocorrência e à natureza do lençol aquífero. A informação direta mais importante é quanto à profundidade da camada aquífera saturada e sua espessura até o "bedrock". O grau de salinidade poderá em certos casos ser obtido diretamente pelo método de resistividade.

As informações indiretas dadas pelos métodos elétricos, principalmente o método para resistividade, por serem os menos dispendiosos, são os mais indicados para a locação dos lençóis aquíferos.

Todos os processos geofísicos, no entanto, pelos progressos que tem tido, poderão ser empregados na pesquisa de água subterrânea, sendo porém dos mais difíceis problemas da geofísica aplicada, requerendo grande habilidade da parte do operador.

O emprêgo dos métodos geofísicos é relativamente dispendioso, tendo em vista a locação de um ou poucos poços. Neste caso, a prospecção por um geólogo experimentado, executando pequenas sondagens diretas, torna-se mais econômica.

Quando existe um bom mapa geológico da região a ser pesquisada, a tarefa de localização dos primeiros poços é facilitada.

Quando tal não acontecer, torna-se necessário o reconhecimento geológico de modo a fornecer ao pesquisador os conhecimentos ne-



cessários relacionados com a estrutura das formações geológicas, o arranjo destas, sua natureza petrográfica, suas relações com os afloramentos e condições hidrológicas observáveis diretamente.

Obtidos êsses conhecimentos, o geólogo estuda a morfologia da região, procurando verificar se se trata de vales antigos, altiplanícies ou antigos lagos aterrados.

Sintetificados todos os conhecimentos geológicos e morfológicos do distrito, torna-se possível delinear o movimento das águas subterrâneas e estabelecer as leis a que obedece êsse movimento no seio da terra.

*Captação* — Para a elevação da água dos poços usam-se bombas multicelulares ou aparelhos chamados “air lift”, consistindo estes na elevação da água por meio de ar comprimido.

Pelo “air lift” a elevação poderá ser feita de grande profundidade, mas estes aparelhos são de reduzido rendimento mecânico.

As bombas multicelulares são aparelhos mais custosos, mas de muito maior rendimento mecânico em relação ao uso do ar comprimido.

Não é do escôpo dêste trabalho entrar em detalhes, por ser de caráter simplesmente informativo.

Fica patenteado que a obtenção d'água subterrânea está na dependência de estudos geológicos das localidades e de maquinismos apropriados para a sua captação e distribuição. Deve ser êsse o motivo pelo qual sòmente nos centros adiantados tem sido mais corrente o seu emprêgo.

A Divisão de Fomento da Produção Mineral tem uma Secção de Água Subterrânea que deverá aparelhar-se para resolver os inúmeros casos que se apresentam de interêsse imediato do serviço público e outros de interêsse social.

### Importância econômica

A utilização da água subterrânea para uso das populações e indústrias tem tomado grande desenvolvimento em todo o mundo. Nas regiões semi-áridas o assunto oferece o maior interêsse.

Na Índia é enorme a área irrigada pela elevação de poços tubulares.

Na Califórnia, U. S. A., o emprêgo da água subterrânea para irrigação dos campos agrícolas tem tomado considerável desenvol-

vimento. O aumento do uso da água dos poços tem sido observado em grande ascendência e é manifesto o declínio da irrigação por simples gravidade.

No Brasil, a agricultura não comporta despesas com perfurações, tubulações e maquinaria, para a irrigação dos seus vastíssimos campos nas regiões semi-áridas. Os preços das máquinas e do combustível ainda se conservam inacessíveis para os usos agrícolas. Devemos mesmo dizer que a motocultura acha-se apenas em uso em certas regiões do país.

Nos estados nordestinos, porém, a Inspetoria de Obras Contra as Sêcas já tem incrementado a construção de colônias agrícolas nas margens dos grandes açudes por ela construídos, com projeto de irrigação eficiente. Mas o emprêgo da água subterrânea captada pelos poços tubulares e por meio de bombas para os fins agrícolas ainda é um problema a ser desenvolvido.

Acreditamos que para um futuro não muito remoto as nossas indústrias poderão fornecer a maquinaria necessária às perfurações, captações e elevações da água subterrânea para todos os usos nas regiões semi-áridas do país.

Quanto ao combustível, não é mais possível duvidar da eficiência do álcool-motor e de nossas possibilidades para obtê-lo nas melhores condições econômicas.

A generalização do emprêgo da água subterrânea nas indústrias e no abastecimento das povoações acarreta o desenvolvimento de várias outras atividades: a indústria das máquinas de perfuração de poços, dos motores e bombas apropriadas ao caso, organização de empresas técnicas para estudos e pesquisas dos lençóis aquíferos, especializações técnicas e de operários nesse ramo de atividade.

A organização de cartas geológicas relacionadas especialmente com as possibilidades da reserva de água subterrânea consistiria uma das preocupações da Divisão do Fomento da Produção Mineral.

O assunto merece a organização de um programa para ser executado dentro do menor prazo, ao lado do que é mister fazer com relação às jazidas minerais de outras naturezas.

É esse o programa do Presidente Getúlio Vargas, para acompanhar o desenvolvimento e aparelhamento da nação nos outros setores de sua atividade em progresso.