

REVISTA MINEIRA DE ENGENHARIA

PUBLICAÇÃO MENSAL

Órgão da Sociedade Mineira de Engenheiros

Avenida Affonso Penna, 740



Telephone 1479

DIRECTORES

Gastão Maia

Americo Magalhães Gomes

Bello Horizonte

Brasil

Araxá sob o ponto de vista de suas aguas mineraes

Geologia applicada e hydrologia

J. CARVALHO LOPES

Ao iniciar Araxá o 1.º seculo de sua emancipação politica, já de ha muito as suas aguas eram conhecidas e descriptas summariamente e já ultrapassa, portanto, de um seculo a irradiação permanente das virtudes maravilhosas dessas *lymphas* que durante esse prolongado tempo beneficiaram a centenas de milhares de pessoas que nellas vieram encontrar o allivio de seus soffrimentos. Imperioso se torna, portanto, que aquelles que dellas se tenham occupado evidenciem os estudos realizados, os trabalhos executados e os que o deverão ser. Occupar-me-ei sómente dos trabalhos mais recentes, sobretudo daquelles nos quaes cooperei, pois as referencias mais antigas são detalhadas em artigos historicos publicados no presente numero.

Indubitavelmente, é o engenheiro Andrade Junior o pioneiro dos estudos hydrologicos e a quem, sob este ponto de vista, Araxá mais deve. Organizado como está o Departamento Geologico e Mineralogico do Estado de Minas, entregue a competencias no assumpto, de nomes tambem ligados á Geologia e Petrographia do Barreiro de Araxá, muito poderemos esperar desse Departamento, no sentido de retomar os estudos já feitos, aperfeiçoal-os e enfeixal-os em volume, prepararem-se emfim as bases para os novos serviços de captação e protecção que deverão ser realizados sem demora para se evitarem graves prejuizos á estancia.

O trabalho basico do engenheiro Andrade Junior, preliminar dos estudos de captação, constou de uma vasta exploração geologica, numa extensão de mais de duzentos kilometros. Na impossibilidade, por falta de espaço de transcrevermos na integra tão notavel trabalho, focalizaremos alguns trechos que mais de perto nos interessam. O trabalho envolve todo o systema de emergenciaes hydro-mineraes vizinhos e correlacionados: Araxá, Antas, Salitre, Serra Negra, Barreirinho, etc.

Entre Ibiá e S. João do Araxá, atravessou-se o contacto do Archeano (Phyllito de Ibiá) com a serie de Minas (Itacolomitos e Quartzitos).

Num corrego da fazenda do sr. José Alves foi indicada a rocha Biotita-Schisto, composta, sobretudo, de quartzo e biotita, esta alterada em chlorita e sericita. A serra da Parida, com a altitude media de mil e cem metros, é constituída por quartzito compacto, muito silicificado. Como veremos, nos arredores de Araxá, no Barreiro, dá-se o mesmo. Os nucleos silicificados do quartzito muito dificultaram a sondagem, não só pela extrema dureza, como, sobretudo, por se desprenderem fragmentos da rocha prendendo a ferramenta de perfuração. A serra é optimo ponto de observação de um vasto horizonte, constituído por collinas isoladas de mesma altitude, indicando erosão e desgaste das partes mais fracas das rochas.

Ha, assim, uma sequencia de "serrotes paralelos"; é um aspecto typico da região. Proximo á cabeceira do Ribeirão do Inferno, occorrem o hydromicaschisto em concordancia com o itacolomito. Na fazenda Boa Vista encontrou-se o rutilo em bellas maclas de joelho. Tivemos occasião de verificar tambem na serra das Antas occurrencias interessantissimas, como cynabrio, de fórmula identica ao de Tripuy; pedras coradas, como: aguas marinhas (engastadas no gneiss), turmalinas, topasios, etc., pyrita, oxido de ferro e outros.

Em Antas, no local de emergencia das aguas, ocorre um calcareo em camada de mais ou menos dois metros em contacto com a eruptiva local (tinguaito alterado). Na serra dos Palmitos, a quadro kilometros de Antas, apresentou-se novamente o quartzito e o hydromicaschisto. Na estrada de Antas para Araxá, em Pilões, ocorre um minerio de ferro, com grandes crystaes de magnetita e perowskita, de origem evidentemente eruptiva.

Atravessa-se novamente o Ribeirão do Inferno, que corre sobre o hydromicaschisto cortado por veios de quartzito. Na encosta do valle vemos o quartzito e o hydromicaschisto e mais além o quartzito estriado nos planos de estratificação, indicando movimentos differenciaes de camadas. No Barreiro de Araxá, a estrutura é a conhecida: quartzito muito diaclasado, formando os diaclaseos uma rêde parallelepipedica de orientação definida, injectado pela eruptiva amphibolica: araxáito e ambas alteradas, ora mais ora menos, pela acção hydrothermal. O quartzito é por vezes silicificado e algumas fendas são entupidas por calcareo, indicando circulação d'agua e metasomatismo. Os planos de junta têm direcção geral 20° S. E. N. O., inclinándose de 60° N. E. Os planos de estratificação mergulham para S. O., necessario é que se não confundam planos de junta com planos de estratificação, confusão que poderia conduzir a erros lamentaveis nas conclusões.

Transcrevemos as proprias palavras de Andrade Junior neste trecho: "*Observei no fundo do poço existente para a captação das aguas mineraes que essas acompanham os leitões de estratificação da rocha, emergindo na superficie pelos diaclaseos do quartzito.* Sob uma espessura de rocha, de um metro mais ou menos, encontra-se uma especie de argilla encerrando crystaes de pyrita a que denominam cêra.

Segundo Armand Gauthier, o granito encerra em certa proporção um sulfosilicato de soda, que em presença de vapores d'agua a 300° fornece silica e argilla, que se depositam enquanto o sulfureto de sodio se dissolve. Provavelmente esta argilla (cêra) provém do ataque das rochas em profundidade pelas aguas thermaes. O quartzito do Barreiro é constituído por granulos de quartzito isento de mica e tem textura suturada.

O araxáito é constituído principalmente de feldspato e amphibolio predominando este, que comunica um tom *verde* azulado á rocha, isso facilmente observado no Barreiro.

Nos pontos em que a rocha possui verde mais carregado o feldspato entra em pequena proporção. Estas rochas foram estudadas detalhadamente em laminas pelo dr. Djalma Guimarães, actualmente director do Serviço Geologico de Minas, e que empreendeu o estudo petrographico das amostras apresentadas, e a quem se deve uma brilhante monographia. Foram classificadas como typos de malignitos e pela natureza e modo de occurrencia são intrusivas no quartzito, do qual enchem fendas de fracção de millimetros a decimetros de espessura.

Cerca de 2 kilometros ao sul do Barreiro, proximo aos morros dos Agudos, ha bellos crystaes de barytina, enchendo fendas de um quartzito impregnado de saes e mineraes silicatados, bastante alterados pela acção hydrothermal. A barytina ocorre em crystaes tabulares de côr verde-amarellada, devido á pequena proporção de oxydo de ferro.

Mineral de enchimento das fendas, a crystallização se faz das paredes para o eixo das fendas, indicando ser mineral de incrusta-

ção, deposito de aguas thermaes. Provém de alteração metasomatica: grandes quantidades de sulfato de calcio em solução, agindo sobre o carbonato de bario transformam-no, gradualmente, em sulfato de bario (barytina).

A natureza, operando sempre com soluções fracas, age durante longo periodo, de forma que o resultado é proporcional á massa da solução. Praticamente insolúvel, o sulfato de bario se vai depositando.

O dr. Djalma assignala nessa barytina a presença de uranio, e o dr. Carneiro Felipe submetteu uma amostra á experiencia, e verificou ser ella seis vezes mais radio-activa do que as aguas do grupo sulfuroso do Barreiro".

Note-se que esses estudos precederam a descoberta da radio-actividade da Fonte da Beija e como o mineral em vista fica logo a montante desta Fonte, os citados scientists affirmavam *a priori* a provavel forte radio-actividade da Fonte da Beija. Effectivamente, em 1926, tres annos após, Andrade Junior poz em evidencia a formidavel radio-actividade da agua da Fonte da Beija, 146,5 unidadesmache.

A barytina se apresenta em veios até de 30 cms. de espessura, perfeitamente industriaes e tem sido muito solicitada de S. Paulo pelas industrias das tintas e dos vidros, tendo sido exportada em pequena escala. A sua importancia cresce agora com a noticia do exgotamento das jazidas de Ouro Preto.

Continuando, diz Andrade Junior: "Proximo á propriedade do sr. Eugenio, ao lado do Barreiro, encontrei massas de uma rocha bastante decomposta, mas resistente, constituída por phosphato complexo e barytina. É producto de alteração de deposito hydrothermal. O dr. Carneiro Felipe admite ser ainda maior que a da barytina a radio-actividade dessa rocha e dos seus estudos e dos do dr. Djalma, que nellas encontrou além de uranio, terras raras e zirconio, é licito esperar fique definitivamente esclarecida a origem da radio-actividade das aguas mineraes de Araxá.

A presença da barytina e da rocha em ponto mais elevado que o Barreiro suggere a idéa da existencia primitiva das fontes tambem nesses pontos, fontes que emmigraram em virtude da obstrucção dos canaes pelos depositos incrustantes, para pontos de maior depressão topographica.

Encontrei na fazenda Cachoeirinha, a 5 kilometros do Barreiro, em altitude approximada de mil metros, saes semelhantes aos depositados no Barreiro a 920 mts. de altitude. Informou-me o dr. Paes Leme que os mesmos saes apparecem em uma represa do correjo da Matta, ponto igualmente mais elevado que o Barreiro (1.064 mts.), facto que vem confirmar a hypothese da immigração das fontes. Esta observação terá importancia na occasião da captação racional das fontes, fornecendo base para a escolha judiciousa do nivel de captação.

A 3 kilometros do Barreiro, para o norte e um poico abaixo: Barreirinho, existe uma fonte emergindo do micaschisto, este em dis-

cordancia com a Serie de Minas, o que indica tratar-se do archeano, cujo contacto está a 1 kilometro abaixo do Barreiro, onde começa a apparecer o micaschisto. A 12 kilometros do Barreiro fica a Serra do Monte Alto, talhada em paredão para o lado de N. E., onde se encontra o quartzito compacto, com planos de junta polidos e estrias nos planos de estratificação, indicando movimentos differencias de camadas. Estas têm direcção 10° N. O. S. E. e mergulham de 40° S. O. O alto da serra está a 1.200 metros. Antes de attingir a serra ha, no leito do Capivara, um afloramento de micaschisto de direcção mais ou menos E. O.

Ahi o mergulho é 4° N E, pelo caracter de discordancia com a Serie de Minas, pertence ao Archeano. Esta solução de continuidade na Serie de Minas entre Barreiro e Monte Alto pôde ser interpretada em corte geologico de direcção NE-SO pela provavel existencia de uma falha com o afundamento da parte correspondente ao Barreiro".

Esta conclusão foi verificada mais tarde, em 1928, pelo proprio engenheiro Andrade Junior. Encarregado da captação racional das fontes visando acrescimos de vasão e thermalidade, Andrade Junior retomára os estudos anteriores (de 1924) e os concentrara em zona mais restricta, interessando a citada falha numa extensão de mais ou menos 20 kilometros, tendo a depressão do Barreiro como centro. Estudou-se um córte geologico normal á direcção geral da falha lobrigada em 1924, isto é, direcção NE-SO.

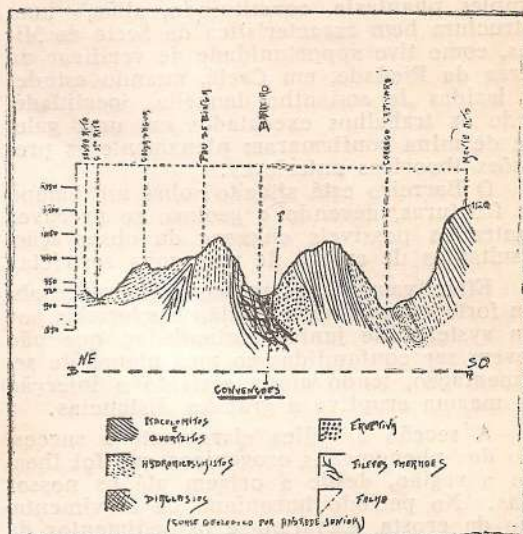
O notavel córte geologico figura no cliché n. 1. E' bastante claro e evidencia a columna da Serie de Minas, que foi perturbada na zona de afundamento do Barreiro. Nota-se que os espelhos da falha estão no Monte Alto e no Pau de Binga. O córte explica facilmente a anomalia do hydromicaschisto estar sotoposto ao quartzito e itacolomito, pela consideração de uma *dobra invertida* (*plis reversé*), facilmente deductivel no córte geologico.

A actual sondagem para obtenção d'agua potavel para a cidade confirma a estrutura apresentada. Pela importancia e oportunidade do estudo, transcrevamos, na integra, o trabalho do hydrologo Andrade Junior, feito em 1928 e apoiado no qual elle locára com tanto acerto os furos de sonda do Barreiro, cuja estatigraphia viera confirmar de modo admiravel os estudos superficiaes, pondo em evidencia a argucia daquelle geologo e provando que a geologia não é uma *sciencia empirica e phantasiosa como assim o pensam muitas pessoas*, mesmo cultas.

Plano geral de captação das aguas sulfurosas do Barreiro de Araxá

Em 1924 effectuei o reconhecimento geologico de toda a faixa de occorrença de aguas sulfurosas e alcalinas comprehendida entre Antas, Araxá, Salitre e Serra Negra, numa extensão approximada de 150 kilometros. Deste trabalho resultou a evidencia de

uma fractura geologica profunda, com direcção geral nordeste-sudoeste, proxima de norte-sul, assim como a origem plutonica das aguas e sua fonte de mineralização que reside na occorrença, em relação com estas aguas, de uma serie de rochas eruptivas todas referidas ao mesmo magma nephelinico que teve sua erupção após o periodo hercyniano de diastrophismo terrestre.



F. 1—Corte Geologico

Posteriormente (1926) tive occasião de proceder novas observações nos arredores do Barreiro, ao mesmo tempo emprehendi o estudo physico das aguas desta estancia sob o ponto de vista da radio-actividade.

Os resultados destas pesquisas estão publicados nos boletins ns. 9 e 22, do Serviço Geologico e Mineralogico do Brasil, abstenome de entrar em detalhes sobre descripção de rochas, assumpto que se acha fartamente esclarecido.

Visando no momento auferir destes estudos o proveito pratico que deve resultar para a solução definitiva e racional do problema da captação das Fontes do Barreiro, fugirei, quanto possivel, á terminologia technica, procurando mostrar a relação que existe entre aguas profundas e os terrenos adjacentes, indicando como consequencia o meio pratico de captal-as.

Para isso executei o córte geologico na direcção NE-SO (linha AB, da figura 1), sensivelmente normal a direcção geral das camadas.

O simples exame deste córte indica a intensidade dos esforços dynamicos que agiram na região, produzindo a estrutura tectonica complexa que se vê na fig. 2, onde se nota a existencia de dobras invertidas acompanhadas de falhas e afundamentos. Explica-se assim, o facto, anormal á primeira vista, da occorrença de camadas de hydromitaschisto sotopostas ao itacolomito.

E' esta exactamente a origem do aspecto topographico caracteristico da região, onde os montes apresentam perfil em dente de serra, devido á acção mais energica da erosão sobre as camadas de hydromicaschisto, destacando-se em elevação as camadas mais resistentes de quartzitos e itacolomitos.

Evidentemente a fig. 2 é uma secção theorica. Está longe, entretanto, de ser uma simples phantasia, constituindo, aliás, uma estructura bem caracteristica da Serie de Minas, como tive oportunidade de verificar na Serra da Piedade, em Caeté, quando estudei as jazidas de amiantho daquela localidade, onde os trabalhos executados em uma galeria de mina confirmaram plenamente as previsões theoricas anteriores.

O Barreiro está situado sobre um campo de fracturas, devendo o geologo se precaver contra os possiveis enganos de observação, resultantes de exame de uma zona restricta.

Effectivamente as rochas soffreram ali um forte esmagamento e estão fracturadas por um systema de juntas reticuladas, que não devem ser confundidas com os planos de sedimentação, tendo ainda soffrido a injeção do magma eruptivo a grandes distancias.

A secção 2 indica claramente a successão dos phenomenos orogenicos que foi theatro a região, desde a origem até os nossos dias. No periodo huroniano de movimentação da crosta, elevaram-se os sedimentos da Série de Minas, que foram dobrados e fracturados em virtude do esforço tangencial que se fez sentir na direcção NE-SO. Cessado este, o esforço vertical determinou o afundamento de grandes abobadas, que, exercendo pressão sobre o magma fundido, determinou sua intrusão pelos planos de falhas, originando-se as rochas eruptivas, caracteristicas da época, granitos, pegmatitos, etc.

No periodo hercyniano de diastrophismo paleoseico, deu-se a reabertura dos antigos campos de falhas, manifestando-se a actividade vulcanica attestada pela occorrença de rochas nephelinicas. Segue-se um longo periodo de repouso, até que de outro movimento resultou nova reabertura das velhas fracturas nas quaes se precipitaram as rochas anteriormente consolidadas, que, sob a acção do calor interior, deixam escapar sua agua de synthese.

Dahi data a origem das nossas fontes mineraes.

A época deste ultimo movimento, que, aliás, não teve grande repercussão no nosso paiz, está bem determinada.

As nossas observações desde Bahia até Santa Catharina induzem a attribuil-o a um periodo post-cretacco.

Como conclusão pratica desta ligeira exposição, deduz-se com segurança:

1 — A existencia, no Barreiro, de uma grande fractura geologica profunda na qual circulam as aguas mineraes. Esta fractura se estende desde Antas até Serra Negra e as proprias aguas mineraes, assim como as rochas eruptivas nephelinicas, nella injectadas, constituem balisas de sua direcção geral.

2 — Esta direcção geral é sensivelmente 20° NE-SO, quasi normal á direcção geral de dobramento da Serie de Minas, e por isto mesmo favoravel á circulação de aguas profundas. Comprehende-se que as fracturas parallelas ao eixo da cadeia de montanhas tenham sido fechadas em virtude do proprio esforço tangencial de orogenese, sendo impróprias á circulação das aguas.

Em excursão que realizamos na Serra do Monte Alto em companhia do prefeito dr. Mario Campos, pudemos observar uma dessas fracturas por onde corre o Corrego da Prata. Esta localidade constitue para o geologo uma verdadeira photographia da estructura tectonica da região.

3 — O accidente geologico por que circulam as aguas mineraes do Barreiro é a superficie de contacto do massico eruptivo nephelinico com o espelho nordeste da falha, attingindo ellas a superficie através dos diaclasios da Serie de Minas.

Escolha do methodo de captação

Do exposto resulta que a emergencia se faz em rochas extractificadas e fendilhadas, achando-se o griffon em profundidade inacessivel aos poços e galerias, mascarado por espessos sedimentos sobrejacentes ás rochas massicas. Um córte em maior escala interessando a região do Barreiro mostra a estrutura da representada na fig. 3.

Para captação racional destas fontes impõe-se claramente o methodo das sondagens verticaes. Não se deve pensar, entretanto, em sondagens profundas, sendo preferivel uma serie de sondagens curtas.

E' uma idéa julgar falsa que se póde com a profundidade, augmentar indefinidamente a vasão. Trata-se de aguas juvenis, de vasão constante.

O que se poderá conseguir é o melhor aproveitamento da vasão pela multiplicação, si necessario, aos furos de sonda.

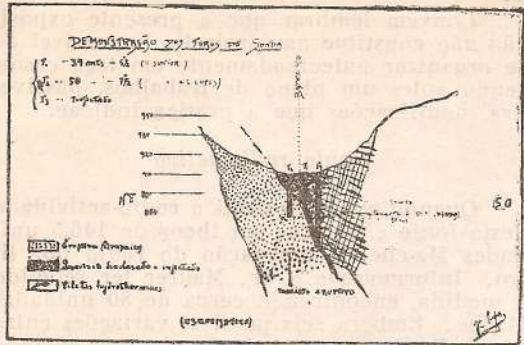
E' claro que cada sondagem constituirá uma columna de maior depressão que cortará os filetes liquidos, produzindo a drenagem de numerosas veias actualmente esparsas em virtude da difficuldade de circulação nos canaes incrustados e dahi um augmento evidente de agua na emergencia. Este augmento não será certamente proporcional ao numero de sondagens, mas, no conjunto, a vasão será mais elevada.

A vasão actualmente observada no Barreiro, que chamarei vasão util, é uma parcella da vasão total constante.

Informações fidedignas de antigos conhecedores da estancia, affirmam um decrescimo de vasão util avaliado em 50% nos ultimos 50 annos. Este facto é perfeitamente razoavel, e encontra apoio nos mineraes incrustantes existentes nas adjacencias, barytina, etc., que indicam o deslocamento das fontes.

A profundidade de cada furo de sonda será regulada pelas observações realizadas durante os trabalhos que indicarão ao tecnico o nivel conveniente de captação, o qual deve ser sufficientemente baixo para evitar conta-

minação pelos germens pathogenicos que se poderiam infiltrar através das rochas fendilhadas.



F. 2—Detalhe dos furos de sonda

Determinado este nível, a columna de captação será protegida contra as infiltrações superficiaes por um revestimento impermeavel que levará a agua mineral, nas melhores condições de utilização, ao plano de emergencia.

A área de rochas exposta actualmente será revestida de uma impermeavel de concreto ou asphalto, que, exercendo pressão em torno da columna de captação, determinará maior affluxo de agua mineral, ao mesmo tempo que protegerá das aguas superficiaes.

A área onde está sendo construido o parque e as outras adjacentes serão protegidas pelas proprias aguas dos correjos que formarão um lençol liquido exercendo pressão em torno do griffon, de accordo com o principio das pressões hydrostaticas reciprocas, bastando para isso regular o nivel nos canaes por meio de adufas, de modo a se evitar mistura com as aguas mineareaes.

Será necessario o estudo do regimen das aguas profundas e das superficiaes que resultará de observações continuadas durante os trabalhos de perfuração. Neste intuito já providenciei junto ao dr. Mario Campos para que sejam installadas desde já nos poços actualmente existente, reguas que permittam a observação das variações de nivel hydrostatico.

Na parte correspondente ao actual tanque de lamas, será conservada uma área descoberta de forma a não supprimir a formação destas lamas, sendo o equilibrio mantido pela elevação do plano de emergencia neste local. Ha interesse em manter o mais possivel as condições naturaes da estancia.

O actual balneario está mal situado. Além de ficar sobre as fontes, não permittirá o revestimento da área correspondente, tornando-se um provavel ponto de fuga.

Obtendo a agua mineral nos furos de sonda, em quantidade sufficiente e nas melhores condições de utilização resta canalizal-as para um pequeno reservatorio de decantação, onde irão a um reservatorio de homogeneização e deste será elevada por bombas lentas de pistons mergulhantes, de modo a evitar agitações para o reservatorio de distribuição. Este deve occupar uma elevação proxima.

Cada sondagem será coroada por uma camara destinada a recolher os gazes que, sendo fortemente radio-activos, serão utilizados em inalações, tendo ainda estas camaras função reguladora do regimen, evitando os choques nos encanamentos.

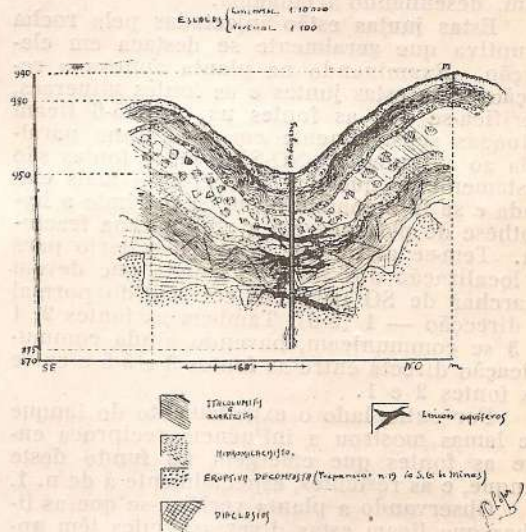
Medidas especiaes devem ser adoptadas para assegurar o regimen natural das fontes que não deve em definitivo ser perturbado.

Os calculos de reservatorios, encanamentos, etc., são detalhes de solução facil, dependendo apenas do conhecimento da vasão disponivel.

Julgo que deste modo terá solução feliz e proxima o problema da captação das Fontes do Barreiro.

CORTE GEOLOGICO N.2. (Sondagem N.2)

Normal ao Corte N.1 e segundo o plano MN.



existe no local uma sonda emprestada pelo Serviço Geologico, que, embora em pessimo estado de conservação, o exame minucioso que nella procedi revelou estar em optimas condições de funcionamento. O dr. Mario Campos promptificou-se a mandar effectuar os reparos e limpeza necessarios, serviço que se acha quasi concluido. Nestas condições, o Estado está aparelhado para atacar immediatamente os trabalhos e si não faltarem recursos prompts indispensaveis a tal mister, poderá ver realizada, dentro de alguns mezes, a velha aspiração da captação racional das Fontes do Barreiro.

Devo observar que não julgo a sonda de rotação a melhor para o serviço em vista, pela necessidade de injecção de agua sob pressão e pelo inconveniente do trabalho em rochas fendilhadas que podem determinar menor rendimento. Prestará, entretanto, magnificos serviços, pelo menos até que seja adquirida uma sonda de battagem, havendo ainda a hy-

pothese muito provavel de se poder adaptar um balancim de modo a transformal-a em sonda mixta, que é o ideal.

O dr. Eugen Maurer projectava a abertura de um poço de 10 metros de diametro, no local do actual tanque de lamas. Penso que esta solução, além de anti-economica, não resolve o problema, não podendo mesmo denominar-se uma captação. Além do grande perigo a que exporia as fontes, bastando citar que o simples exgottamento deste tanque de lamas determinou tal disequilibrio do regimen, que ainda não se acha restabelecido, decorridos 10 dias, além deste perigo, as aguas continuariam sujeitas á polluição, não resultando nenhum augmento da vasão util.

Orientação dos trabalhos de sondagem

Existem no terreno pelo menos tres systemas de juntas bem definidos, orientadas segundo os azimuths 60° NE-SO, 20° NE-SO e 20° NE-SO, respectivamente, que se inter cruzam, desenhando triangulos.

Estas juntas estão injectadas pela rocha eruptiva que geralmente se destaca em elevação. Examinando na planta annexa a relação entre estas juntas e as fontes mineraes, verifica-se que as fontes ns. 1 e 5-6 ficam situadas sensivelmente em uma linha paralela ao systema 20° NO-SE. Estas fontes são justamente as que têm temperatura mais elevada e se intercommunicam, suggerindo a hypothese de pertencerem a uma mesma fractura. Tem-se assim um primeiro criterio para a localização dos furos de sonda que devem marchar de SO para NE em sentido normal á direcção — 1 (5-6). Tambem as fontes 2, 4 e 3 se communicam, havendo ainda communição directa entre as fontes 3 e 5-6 e entre as fontes 2 e 1.

Por outro lado o exgottamento do tanque de lamas mostrou a influencia reciproca entre as fontes que emergem no fundo deste tanque, e as restantes, especialmente a de n. 1.

Observando a planta verifica-se que as linhas que ligam estas diversas fontes têm approximadamente as mesmas direcções dos systemas de juntas. De sorte que, embora seja a primeira sondagem mais de pesquisas e orientação dos furos subsequentes, local-aria nas proximidades da fonte n. 2, ponto provavel de convergencia dos filetes liquidos. É obvio que o tecnico que presidir aos trabalhos de estar apto a proseguir as observações geologicas, preenchendo as lacunas por ventura existentes e provenientes de insufficiencia das observações superficiaes, tirando conclusões que permittam conduzir com criterio estes trabalhos.

A observação do nivel piesometrico, da vasão, temperatura, etc., nos diversos furos de sonda, indicará a maior ou menor proximidade da fractura principal e fornecerá dados preciosos sobre o regimen das aguas profundas. Deve-se, além disto, controlar constantemente as propriedades das aguas mineraes, de modo a não permittir alterações prejudiciaes, lançando mão dos modernos processos da chimica-physica, muito mais pre-

ciosos e expeditos que os processos de chimica pura. Assim procedendo, será attingido o fim com o maximo de segurança e certeza de exito.

Convém lembrar que a presente exposição não constitue um projecto, impossivel de se organizar antecipadamente em taes casos, sendo antes um plano de trabalhos, passivel das modificações que a pratica indicar.

Fonte radio-activa

Quando em 1926 medi a radio-actividade desta fonte encontrei um theor de 146,5 unidades Ma-che de emanação do radio por litro. Informou-me o dr. Maurer ter repetido a medida, encontrando cerca de 80 unidades Mache. Embora seja possivel variações entre largos limites com a estação chuvosa, quando a fonte está sujeita a infiltrações, achei exaggerada a discordancia. A meu pedido, o dr. Maurer repetiu a medida na minha presença, e, sem outro intuito que não seja o dever de justificar os meus resultados, devo declarar que o dr. Maurer deixou de observar todos os principios de technica em medidas desta natureza.

É assim que, além de não ter sido feita a tomada de amostra pelo proprio operador, com as precauções indispensaveis, não se esperou attingir a corrente maxima de saturação nem se fez a correccão devido á absorpção, pelas paredes do aparelho, de sorte que taes medidas só poderiam ser comparadas quando realizadas com o mesmo aparelho.

Em nova experiencia realizada agora cheguei ao resultado de 125,6 unidades por litro, um pouco inferior ao primeiro.

Este valor se justifica em vista de ter sido a agua colhida no encanamento de descarga, depois de soffrer forte agitação, achando-se o griffon inacessivel em virtude do reservatorio fechado que sobre elle existe actualmente. O valor exacto é sem duvida o primeiro, 146,5 unidades Mache por litro.

Impõe-se o aproveitamento racional desta fonte de vasão praticamente illimitada e tão precisa quanto as sulfurosas nas suas applicações proprias. Basta lembrar que não existe em toda França, onde as estancias radio-activas constituem elemento de cura do mais alto valor, uma unica que a iguale em theor.

Seria lamentavel que se deixasse em abandono tão fabulosa riqueza, capaz, por si só, de immortalizar uma estancia.

A sua existencia ao lado das fontes sulfurosas e alcalinas é um achado providencial que certamente fará do Barreiro uma estação inigualavel pela variedade de recursos de que dispõe, conferindo-lhe capacidade praticamente illimitada.

Conclusões

1.ª — A captação das aguas sulfurosas do Barreiro deve ser feita por sondagens verticaes.

2.^a — E' possível obter-se augmento no-lavel da quantidade utilizavel de agua sulfurosa.

3.^a — Existe no local uma sonda que se presta perfeitamente ao inicio immediato do serviço.

4.^a — O tempo necessario para a captação não excederá de seis mezes, si não faltarem recursos prompts como convém a trabalhos desta natureza.

5.^a — Deve-se apparellhar a estancia no sentido de aproveitar egualmente as aguas radio-activas, tão preciosas quanto as sulfurosas nas suas applicações proprias.

6.^a — Pela conveniencia no mesmo local das aguas sulfurosas e das radio-activas, o Barreiro está apto a se tornar uma estação privilegiada e de capacidade praticamente illimitada".

Como vemos, o estudo concluiu pelo captação pelo methodo das sondagens verticaes, e consequente locação racional dos furos de sonda. No cliché n. 2 vemos a representação dos furos de sonda, cujos caracteristicos são:

F 1 — furo 1, representado em detalhe no cliché n. 3. Tem 5 1/2 pollegadas de diametro e trinta e quatro mts. de profundidade. A sua vasão com o plano d'agua a 2,70 metros abaixo da superficie do terreno é de 430 litros por minuto. Como vemos, este furo não abandonou o quartzito injectado pelo araxaito. O furo foi iniciado por Andrade Junior em dezembro de 1928 e terminado em abril de 1929. Com muita justiça a fonte resultante recebeu o nome de Andrade Junior, e erigiu-se no local um bello pavilhão bebedouro.

F 2 — furo 2, locado por Andrade Junior e iniciado por nós em abril de 1929 e terminado a 15 de junho do mesmo anno, tem 7 1/2 pollegadas de diametro e cincoenta metros de profundidade. O furo está representado no cliché 4. Sua vasão é identica á do precedente, uma vez baixado o plano d'agua a 2,70 metros. Fica a NE do furo 1 e a cerca de 30 metros. Nota-se que a columna é identica á do furo 1 até 24 metros, ponto de contacto com o bloco eruptivo.

Desta quota até 50 metros temos o araxaito ora mais ora menos alterado pela acção hydrothermal, com fendas entupidas por calcareo oriundo de circulação d'agua; consequentemente, o contacto do quartzito diacladado com o massico eruptivo mergulha no furo 2 para o furo 1, isto é, de NE para SO. Logo, o furo 3, locado magistralmente por Andrade Junior, mesmo antes das sondagens, situado a SO do furo 1 e 16 metros de distancia, irá attingir o contacto do quartzito com a eruptiva num ponto c (cliché n. 2) a maior profundidade e portanto fornecendo agua thermal sob as melhores condições de: vasão, thermalidade, mineralização e gazeificação, e consequentemente satisfazendo todos os requisitos de uma captação racional, isto é: "recolher a maior quantidade possivel de agua e gazes, conservando no maximo grau as suas propriedades physico-quimicas, evitar infiltrações de qualquer especie e afastar qual-

quer causa que provoque a alteração da agua mineral".

De todos os estudos emprehendidos por Andrade Junior e outros auxiliares do S. G. M. B. se conclue a perfeita correlação de todo o systema hydromineral brasileiro e a origem de sua mineralização, como no caso de Araxá. Evidentemente tal agua não só por se originar da rocha nephelinica como por seguir a fractura inferiormente em alta temperatura, provoca verdadeira digestão, lixiviação da rocha; dahi, os elementos da agua estarem em correlação com a constituição da rocha, revelado em analyse. Tudo isto concorda, aliás, com a theoria de Armand Gauthier.

As conclusões vão mais além. Os notaveis trabalhos petrographicos do dr. Djalma Guimarães, collaborador do eng. A. Junior, nos estudos em vista, permitem a admissão do synchronismo genetico de todo o nosso systema hydromineral; Caldas, Cambuquira, Caxambú, Lambary, S. Lourenço, Araxá, etc. A alcalinidade do grupo em questão está ligada á posição das fontes em relação ás rochas dos terrenos archeanos e ás do derrame nephelinico.

As analyses revelam que a mineralização da agua é tanto maior quanto maior é o seu contacto com o grupo de rochas nephelinicas citadas. A nephelina tem, aliás, cerca de 16° de soda e contém potassa. Dahi, a alcalinidade mais elevada das emergencias mais em contacto com as alludidas rochas.

Devido a esta circumstancia as aguas de Caxambú, Cambuquira, etc., em pleno archeano (Mantiqueira), são acidolo-gazosas. Poços de Caldas, na zona do derrame nephelinico, proximo do contacto, já possui em suas aguas alcanilidade apreciavel. O grupo do Barreiro, Serra Negra, etc., em pleno derrame nephelinico, possui forte alcalinidade. Estas conclusões estão explicadas com muita clareza em notavel estudo do dr. Djalma Guimarães, publicado no boletim n. 9, do S. G. M. B.

No Barreiro, além da captação, procedeu-se á protecção da agua mineral; para a retenção das aguas de infiltração, cercou-se toda a área de afloramento do quartzito, cerca de 5.000 ms². por uma barragem de concreto rico, impermeabilizado, encaixado na rocha (o que se obteve por meio de martelletes pneumaticos) de espessura de 40 cms. e 430 metros de extensão, a profundidade variando de alguns decimetros até 5 metros. Foi um trabalho gigantesco, devido a difficuldades encontradas, pela invasão das aguas infiltrantes. A barragem foi sujeita a rigoroso controle, tendo sido observada a retenção da agua dos brejos vizinhos que polluiam a agua mineral. Na base da barragem e do lado exterior dispoz-se um dreño de pedras seccas para dar escoamento ás aguas de infiltração e superiormente valetas para o desvio das aguas superficiaes. Seguindo o eixo, de montante a jusante, da área protegida, se dispoz uma valeta, cuja declividade é de 0,6° e á qual vêm ter duas rampas transversaes de 0,3°.

A fixação desses níveis está representada no cliché n. 7. Projectou-se também a impermeabilização da área das fontes, para provocar o affluxo da água para os furos de sonda, pontos de menos resistencia.

Foi ha pouco determinado o *PH* da sulfurosa do Barreiro: cerca de 9,9. Empregouse o processo colorimetrico segundo o principio de Walpol e o aparelho comparador de Hellige, sendo o operador o dr. George Fietz, tecnico do Instituto Chimico Bacteriologico e Vaccinotherapico de Araxá. Acreditamos ser o *PH* ainda maior; o revestimento do furo, sendo de apenas 60 cms. e de aço, achamos que se deva prolongar a columna de revestimento de fórma a se captar a água a maior profundidade e por material que não altere o *PH*.

A água sulfurosa, de densidade mais elevada, fica sempre em maior profundidade, e o possivel lençol doce de infiltração, sendo sempre superficial, é evidente que o prolongamento do revestimento sómente beneficiará a estancia. Estamos em entendimento com uma firma allemã no sentido de empregarmos uma columna de cerca de 30 mts. de tubos de quartzo ou vidro neutro de Yena. Temos certeza de alcançar resultados magnificos.

Finalmente, faremos referencia a tres serviços inadiaveis: — a recaptação da sulfurosa de modo a se baixar o nivel de emergencia para se attender a uma balneação mais intensa, sem prejuizo do bebedouro; — a captação racional da radio-activa — e a impermeabilização da área das fontes. Muito ainda se teria a dizer do Barreiro, o que não caberia nos limites do presente artigo.

Tem o Governo mineiro, no Barreiro, um optimo campo para emprender estudos e trabalhos importantes, de modo a realizar uma das mais notaveis estancias do mundo. A natureza alli offerece cousas maravilhosas e desafia a iniciativa do homem, que já retarda. Necessario é, porém, que o Governo execute não uma colcha de remendos como o tem feito, mas elabore um plano de conjunto, em que cooperem especialistas notaveis em todos os ramos e aborde todos os problemas, a começar pelo traçado racional da *cidade jardim do Barreiro*, de accordo com as ultimas exigencias do urbanismo.

As desapropriações para esse fim foram minimas, insignificantes, mesmo. Hoje relativamente pequenas; amanhã poderão ser absurdas. Cada dia que escôa representa prejuizos inestimaveis; o Governo mineiro tem obrigação de attender a isso. Antes tarde que nunca.

Descrição geral da instalação de Araxá

(Furos de sonda)

- Furo de sonda n. 1.
- Diametro do furo 7 1/2 pols.
- Diametro do revestimento, 8".
- Profundidade, 68 mts.
- Comprimento do revestimento, 27 me-

- Submergencia, 60° para 14 l. s.
- Columna de emulsão, 6", com injeção central de ar typo VC da Ingersoll-Rand.
- Adução directa para o reservatorio de alimentação das centrifugas.

Furo de sonda n. 2

- Diametro, 7 1/2".
- Profundidade, 75 mts.
- Comprimento do revestimento, 26 metros.
- Diametro do revestimento, 8".
- Submergencia, 70° para 16 litros-segundo.
- Columnas de injeção e emulsão idênticas ás precedentes.
- Adução para um pequeno reservatorio metalico elevado em torre metalica e provido de deflector. Adução por gravidade para o reservatorio de alimentação das centrifugas.

II — Edificações

- Casa de machinas — corpo principal do edificio, 12 x 8 metros.
- Reservatorio de alimentação das centrifugas, 24.000 litros, revestido por azulejos.
- Reservatorio de óleo cru, 12.000 lts.
- Substação electrica.
- Deposito de oleos.
- Deposito de materiaes.
- Residencia typo "bungalow", para o machinista.

III — Instalações electro-mechanicas

- Grupo transformador triphasico . . . 10.000|110-220 volts, 50 kva., com protecção completa.
- Dois compensadores automaticos de partida G. E. typo 1051-A 1 A.
- Tres interruptores de boia GE, typo CR-2931-form-P.
- Um motor electrico para o compressor, 30 HP 1450 r. p. m.-typo KT.
- Idem de 25 HP-2950 r. p. m., typo KF, para a bomba.
- Dois compressores de ar Ingersoll-Rand typo A-57 em correlação com solenoido 8".
- 320 r. p. m., com transmissão Tex-Rope de 6 ranhuras. Deslocamento do embolo 216 pés-cubicos-minuto. Volume de ar livre a 70 libras de pressão: 155 pés-cubicos-minuto.
- Um reservatorio de ar vertical Ingersoll-Rand 18" x 16" completo, com valvula de segurança e manometro.
- Dois purificadores-separadores automaticos de ar (dri-air), da New-Jersey Co.
- Uma bomba centrifuga Cameron-Ingersoll-Rand, typo GT-2,2900 r. p. m., 16 l. s.,
- Uma bomba centrifuga Cameron, GT-2,2000 rpm, 16 l. s., 60 mts., para ser conjugada a motor Diesel.
- Um motor Diesel, fabricação Man (Maschinenfabrik-Augsburg-Nurnberg), modelo W 3 V 16|22,3 cylindros, 4 tempos, eficiencia simples, vertical e sem compressor de insuflação. Potencia 60 HP. Rotação: 750 rpm.

— Um pequeno compressor conjugado com garrafa de partida para 30 atmosferas e 55 litros de capacidade.

— Caixa de engrenagens 700|320 rpm.

— Um refrigerador de óleo e água.

— Um reservatório de óleo cru, conjugado com bomba manual para tambores e aducção por gravidade para o grande reservatório de óleo cru. Capacidade, 250 litros.

— Aductora de 1 kmt. para a caixa de distribuição da cidade. Tubos Barbará, de seis pollegadas.

Eis, em linhas geraes, a nossa installação, já em funcionamento satisfatorio.

Como explicámos acima, foi previsto o funcionamento automatico da installação.

Finalizaremos dando uma rapida idéa desse funcionamento automatico.

— Supponhamos que alla noite o conjunto, funcionando regularmente, o consumo na cidade tenha decrescido a ponto do plano d'agua do reservatorio distribuidor da cidade se elevar ao maximo. Antes da agua em excesso se perder pelo ladrão da caixa, um aparelho de commando automatico por fluctuação G. E. typo CR-2931-Form. P, em con-

jugação á distancia de 1 km. (casa de machinas com um compensador automatico, desligará a bomba centrifuga, provocando, portanto, a elevação acima do normal, do plano d'agua do reservatorio alimentador da bomba, até que um conjunto automatico identico ao anterior provoque a paralyzação do funcionamento do compressor de ar. Toda a installação ficará, pois, paralyzada, estando os dois reservatorios repletos.

Pela manhã o consumo da cidade fará baixar gradualmente o plano d'agua do reservatorio distribuidor. Ao atingir, porém, certa altura, prefixavel, que deve ser mais ou menos a cota media do reservatorio, o referido contacto-automatico por fluctuador fará ligar a bomba, o mesmo logo após acontecendo ao compressor de ar por effeito do abaixamento do plano d'agua do reservatorio de alimentação das centrifugas.

As operações automaticas de partida e interrupção dos motores da bomba e do compressor de ar, bem como o preparo do compressor para o arranque e parada, são realizados por meio de 2 compensadores de partida e automaticos G. E. typo 7051-A-1-A, conjugados com a valvula magnetica Ingersoll-typo A-57 em correlação com solenoides G. E. typo CR-9503.

O moderno e original systema de abastecimento d'agua em Araxá

O aproveitamento dos lençoes profundos por meio de sondagens verticaes — Como se perfuraram 60 metros de rocha para se captar o precioso liquido — A elevação mecanica pelo ar comprimido — Generalização do processo "Air-lift" — Uma agua excepcional

Araxá, depois de uma serie de estudos e trabalhos, acaba de resolver, de modo brilhante, o grave problema de seu abastecimento d'agua.

Como o systema adoptado é pouco empregado, e ao que nos parece desconhecido entre nós no que se refere ao abastecimento integral de uma população, e, sobretudo, como o processo se poderá adaptar, convenientemente estudado, a outras municipalidades em identicas condições que se vejam assoberbadas de tal problema, resolvemos focalizar os aspectos mais originaes dos trabalhos realizados, que se nos afiguraram verdadeiro arrojo tecnico-administrativo, dados os poucos recursos e as difficuldades em que sempre se debatem as municipalidades do interior.

O novo abastecimento d'agua de Araxá é obra da competencia technica do jovem engenheiro geologo J. de Carvalho Lopes, a quem o dr. Fausto Alvim, prefeito do municipio, entregou, em bôa hora, a direcção geral dos trabalhos. Ao dr. J. Carvalho Lopes se deve a exposiçào abaixo.

IMPOSSIBILIDADE, PARA ARAXÁ, DA ADUCÇÃO D'AGUA POTAVEL POR GRAVIDADE, EM QUANTIDADE QUE ASSEGURE O SEU FUTURO DESENVOLVIMENTO

Araxá viu-se ás voltas, ultimamente, com o mais grave problema que póde preoccupar a administração de um municipio: o seu abastecimento de agua. O antigo, por deficiente orientação technica e insufficiencia actual, apresenta de ter prestado bons serviços, já não satisfaz ás exigencias minimas da população, sob o ponto de vista da quantidade, e, sobretudo, da qualidade. Urgia, pois, realizar o seu abastecimento. Surgiram impecilhos varios, alguns de ordem technica, avultando os de ordem financeira.

Como se sabe, Araxá é uma palavra que poderíamos taxar de hybrida: tupy-guarany, que significa Ará, dia; chá, ver. Os indios Araxás queriam com isso patentear serem os primeiros a ver e os ultimos a deixar a luz do sol. O termo passou hoje a designar logar alto, ou planalto. A consequencia evidente é: agua difficil.

Para se verificar isto, basta o espectador galgar a eminencia da caixa d'agua, e admirar o bellissimo horizonte que se descortina e verificar o quanto os indios tinham razão em seu orgulho do dominio das alturas. Raros e distantes são os pontos que podem abastecer d'agua tal altitude (1.004 metros) por con-

dução natural. Verificar-se-ia logo que a aducção d'água por gravidade mais economica para Araxá é innegavelmente a do Corrego da Matta. Medimos sua vasão ha poucos dias: 15 litros, por segundo.

Daqui ha trinta annos a população minima da zona urbana de Araxá será de 10.000 habitantes, admittindo o crescimento annual de um per cento. A vasão minima de área necessaria seria, a razão de 200 per capita, dia: dois milhões de litros, o que corresponde a uma vasão de mais de 23 litros por segundo. Fica, assim, provado que o Corrego da Matta é a "fortiori" qualquer outra aducção natural por gravidade, não attende ao futuro de Araxá.

Isto, porém, é o de menos. Vejamos approximadamente o preço de tal condução de agua. Para uma previsão de apenas trinta annos, a aductora seria no minimo de 8 pollegadas. Estes canos custam cerca de 55\$000 o metro. Para nove kilometros, teriamos approximadamente 500 contos. O peso total sendo no minimo, de 500 toneladas o transporte custaria mais de 30 contos. Adicionando a distribuição dos canos ao longo da aductora, o chumbo necessario, os desmontes, os aterros, as protecções, a mão de obra, etc., teriamos

uma aductora de mais de 600 contos. Adicionando: barragem, prefiltro, filtro, teriamos cerca de 200 contos. O periodo de protecção das nascentes envolve uma área de mais de 100 alqueires de optimas invernadas, que já valeram 4 contos o alqueire. A dois contos (metade), teriamos 200 contos.

Seria preciso adicionar o tratamento chimico da agua. Avalia-se que as despesas globaes não sejam inferiores a mil e duzentos contos. A conclusão é evidente: além da agua ser insufficiente, a sua condução por gravidade seria carissima, absolutamente fóra das possibilidades do municipio. O emprestimo realizado de 600 contos teve de attender a outros compromissos inadiaveis e soffreu a desvalorização das apolices e não attingiria a 300 contos a quantia que a municipalidade poderia inverter para o seu abastecimento d'água; somma irrisoria em relação ao global exigido pela condução natural. A municipalidade não póde contrahir novos emprestimos: já attingiu o limite de juros e amortização compatíveis com a sua renda. Por outro lado, o abastecimento d'água não constitue um empreendimento commercial; o lucro com que se conta não corresponde ao capital empregado; facillimo seria proval-o. Portanto, a nenhuma



Novo abastecimento d'água á cidade de Araxá

Vista geral das installações

organização capitalística particular interessaria o problema; nenhuma companhia se interessaria, por isso, como a Prefeitura já tentara. Deante desta situação só nos restava apellar para a elevação mecânica. Dentre os mananciaes próximos á caixa d'água nenhum satisfazia ás exigencias de vasão e pureza d'água.

ESTUDOS GEOLOGICOS

Estudos geológicos bem interpretados conduzem a resultados práticos inestimáveis

Ocorreu-nos a idéa do estudo dos lençóes profundos. Conhecemos a geologia da região, através dos multiplos estudos existentes para effeito da captação racional das aguas mineiras do Barreiro. Retomamos taes estudos, especialmente os baseados em o notavel córte geológico executado por Andrade Junior (cliché n. 1).

Andrade Junior o compuzera por occasião dos estudos preliminares para a captação das aguas sulfurosas do Barreiro do Araxá. Este córte, deduzido apenas de estudos e observações na superficie do terreno, antes das sondagens, tem sido confirmado de modo admiravel pelas sondagens posteriores do Barreiro e pelas duas que acabamos de executar. Repetimos o que já dissemos: sem querer offender a conhecida modestia de nosso eminente hydrologo, diremos que isto constitue verdadeiro orgulho para a sciencia patricia. São, porém, cousas importantes e que passam em geral despercebidas. Seria necessario, tivesse elle um sobrenome estrangeiro e arrevesado, para que, em nosso meio, houvesse repercussão.

O córte do cliché n. 1 é sensivelmente normal á direcção geral da falha do Barreiro; esta consequencia de complicados movimentos orogenicos que não seria cabivel aqui esplanar, está intimamente correlacionada com a origem das maravilhosas aguas do Barreiro do Araxá.

Apoiamo-nos no raciocinio de que os terrenos marginaes das falhas em geral, são muito diaclasados e os fendilhamentos em geral metamorphismo hydro-thermal em o nosso invadido de boa agua e trabalhados pelo caso.

Estes sedimentos da Série de Minas, em geral, recolhem agua de boa qualidade. Estudamos um córte normal ao citado, proxima-mente á caixa d'água. O córte do cliché é perpendicular ao do cliché 1, segundo o plano Mm. Note-se a proximidade do ponto M do espelho NE da falha. Provindo esta dos referidos movimentos, que tiveram, evidentemente, muita repercussão nas proximidades dos espelhos, claro está que as rochas subjacentes deveriam ser extremamente diaclasadas, muito fendilhadas, mesmo alteradas, por phenomenos de metamorphismo de contacto e hydro-thermal. As fendas, os grandes vasios nescolomitos, quartzitos, especialmente), são prese local dos sedimentos da serie de minas (itacolinhas de optima agua, formando veios circulantes. Em geral as aguas da serie de minas são optimas. Já o dizia Derby, com refe-

rencia ás aguas das montanhas de Minas, quando se referia a Ouro Preto.

Estudamos, pois, um córte segundo Mm, varios pontos de desbarrancados o dobramento normalmente ao primeiro, e verificámos em varios pontos de desbarrancados o dobramento das camadas com a tendencia para um sinclinal no eixo do valle, indicando, pois, uma evidente accumulção d'água. A estrutura é a do cliché 2, confirmada pela sondagem. Como se vê pelo desenho, os furos de sonda cortaram tres abundantes lençóes d'água: a menos 28 metros, a 35 metros, e a 52 metros, respectivamente. A columna estratigraphica e os fendilhamentos previstos foram sobejamente confirmados pela sondagem. Predominaram as fendas verticaes e as mais ou menos a 45 graus. As difficuldades da sondagem com a sonda Calix-Davy foram enormes, sabido como é que o aço granulado escapa fendas a dentro, impedindo a efficiente acção da corôa lisa. A rocha foi encontrada a 12 metros, muito decomposta (itacolomito). O conjunto de rochas estava tão fendilhado e alterado que de cerca de 60 metros de rocha atravessada não conseguimos testemunhos integros, além de 50 centimetros de comprimento. Nessas difficuldades, estava, porém, a condição de successo do methodo: quasi todas as fendas são séde e filetes d'água circulantes. Frequentemente a agua de injeccão soffria desequilibrio, ás vezes violentos, nos momentos da corôa penetrar os varios lençóes d'água. As fendas seccas faziam desaparecer, por certo intervallo de tempo, a agua de retorno da injeccão. Houve um caso no furo n. 2 da agua de injeccão levar varios dias para readquirir o seu cyclo. O exame continuo da oscillação da agua de injeccão constitue um guia magnifico para a apreciação dos lençóes encontrados. Combinadas essas observações com os testemunhos synchronos, tem-se uma idéa quasi perfeita da situação e vulto dos filetes atravessados. Tudo depende, porém, do tacto do sondador. O controle da agua de retorno da injeccão é, aliás, o methodo preconizado por Felzmann e Langer (inspectores de Hydrologia e Geologia na Argentina) como o mais efficiente para a apreciação dos lençóes subterraneos com o avanço da sondagem.

As rochas perfuradas tiveram os testemunhos estudados pelo Serviço Geologico do Estado de Minas, tendo o geologo Octavio Barbosa apresentado um estudo completo das mesmas, em valioso relatorio, cuja primeira parte reproduzimos no fim deste artigo.

São, em resumo: itacolomitos alterados, idem compactos, cortados por veios de quartzo, ás vezes silicificados. Após, vem o philito, ora muito alterado pelas acções pneumatólitica e hydro-thermal, ora compacto. A 73 metros appareceu o veio de uma eruptiva, que acha o dr. Octavio Barbosa ser um limburgito, rocha basaltica, ultra-basica, riquissima em olivina e que virá trazer muita luz á geologia local. Os estudos, porém, ainda não estão ultimados.

Posso fazer aqui uma reproducção da primeira parte desses estudos, constante do exame da columna extractigraphica até 45 metros.

Opportunamente publicaremos o resto dos estudos.

Fizemos essa digressão para provar que um estudo consciencioso do complexo de factores para o aproveitamento das reservas hydricas profundas, antecipado de boas pesquisas geologicas locais e seguido de um trabalho metuculoso e consciencioso, difficilmente redundaria em fracasso. Nosso caso constitue um exemplo digno de nota, como abaixo se verificará. Obtivemos agua em quantidade praticamente illimitada, dependente da capacidade extractiva das machinas. A melhor vantagem reside na qualidade, fazendo suspeitar em nosso caso particular tratar-se mais de agua plútonica (juvenil) que neptuniana (de infiltração). Temos poderosos argumentos para expender estas considerações, conhecidos que somos da provincia hydro-thermal em que estamos operando.

A columna estratigraphica, a coloração francamente azulina, a constancia da temperatura, a indiferença absoluta ás seccas e outros factores, nos induzem a filiar esta agua ao grupo das radio-activas do Barreiro. Tudo depende, porém, das analyses cuja effectivação estamos providenciando. Si se verificar isto, estaremos em face de um caso original: o abastecimento integral de uma população

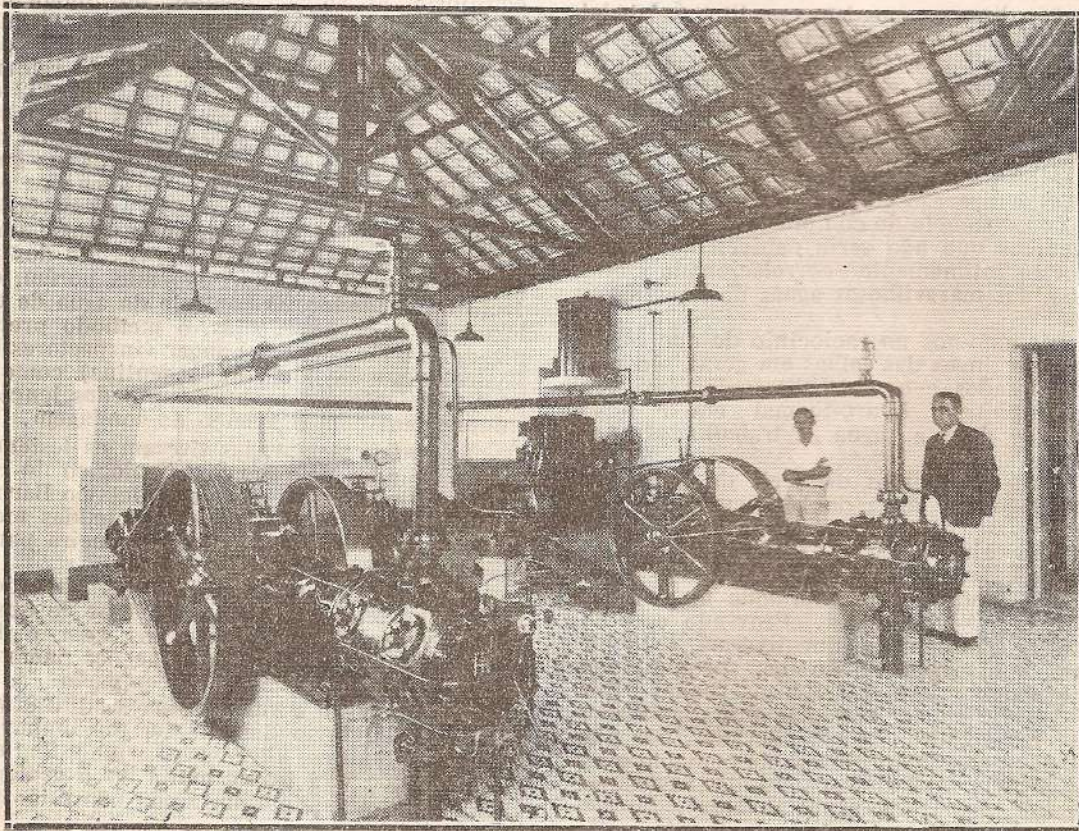
por agua francamente radio-activa. Talvez caso unico no mundo. E a Prefeitura, em contraposição com outro problema financeiro não menos original: a necessidade do acrescimo dos seus reservatorios de accumulção, para a dispersão da emanação radio-activa por estagio de muitas horas, afim de que a agua não prejudique a fracção da população da cidade que os medicos indicarem não tolerarem os efeitos maravilhosos da radio-actividade . . .

O SYSTEMA "AIR-LIFT"

As vantagens na applicação do ar comprimido para a elevação d'agua

Os norte-americanos denominaram "air-lift" a applicação do ar comprimido na elevação mecanica de agua ou outro qualquer liquido.

Baseia-se no principio do estabelecimento de duas columnas do liquido: uma emulsificada, pela injecção de ar comprimido, resultando uma agua super-aerada e portanto leve; a segunda, não emulsionada, e consequentemente mais pesada. Pelo principio dos vasos communicantes com liquidos de densidade diferentes, a columna mais leve, isto é, a emulsificada, sóbe na razão inversa das densidades.



Casa de Machinas

O principio não constitue novidade. Sua applicação vem de logo após 1890, porém, só ultimamente vem tomando incremento industrial.

Não se trata, pois, de effeito de expansão e força elastica do ar em compressão, como o supõem muitas pessoas que têm visitado nossas installações. O phenomeno é muito mais interessante e offerece propriedades e vantagens inestimaveis em relação ás bombas communs para o caso de extracção de agua de poços profundos.

Dentre estas vantagens lembraremos as seguintes:

a) não ha peça mecanica alguma em movimento, em contacto com a agua. Consequentemente, não haverá corrosão dessas peças. É tão notavel esta propriedade do "air-lift" que com a installação rudimentar que com os nossos recursos improvisámos, conseguimos annullar a maior difficuldade de nossas sondagens: a desobstrucção dos furos de sonda, retirando pedras, cascalho, corpos extranhos e desobstruindo os canaletes de agua, facilitando-lhes a drenagem;

b) os compressores de ar podem ser collocados distantes da fonte de abastecimentos sem nenhum inconveniente, em lugar bem secco e protegido. Trata-se de machinas que, bem lubrificadas, nada têm a estragar, durando dezenas de annos, sem desarranjo;

c) a agua se resfria, em consequencia da expansão do ar em seu seio lhe roubar o calor de compressão que havia perdido.

Esta propriedade é notavel, em se tratando de perfurações profundas, para a devida correção dos effeitos do grau geothermico;

d) a agua evidentemente se areja, corrigindo-se, deste modo, até em excesso, o unico defeito da agua subterranea: pouca aeração;

e) a oxydação, pela grande vasão de ar comprimido quente, das impurezas da agua e consequentemente clarificação, parcial, já evidenciada e varias applicações;

f) baixo custo de conservação devido á grande simplicidade do dispositivo;

g) constancia do rendimento mecanico. É sabido que as bombas vão tendo sua effieciencia decrescente com o tempo. Temos em Araxá esta experiencia. Com a antiga agua (impura) uma bomba em geral perdia a effieciencia, após tres annos de uso. O rendimento do "air-lift", posto que inicialmente seja um pouco inferior, é absolutamente constante, o que constitue vantagem indiseutivel;

h) grande elasticidade de serviço. Uma installação compressor central póde alimentar uma serie de furos e sonda a quaesquer distancias. Si ha uma irregularidade num furo de sonda, simples manobras de registos ligam outro furo;

i) economia e simplicidade nas ampliações. Inicialmente se installa um compressor maior, ou trabalhando a rotação mais baixa que a exigida. Futuramente basta forçar o compressor para a sua effieciencia calculada, ou augmentar-lhe a rotação para outra já prevista;

j) finalmente, facilidade das sucções profundas, que constituem o pavor das bombas aspirantes.

Em geral, os furos de sonda fornecem *vasões vantajosas, mediante o abaixamento do plano d'agua*, em obediencia á lei de Forel, cuja curva se deve construir para todo o furo de sonda. Ha necessidade, então, de aspirações profundas. Dadas as commummente reduzidas dimensões dos furos de sonda economicos, a solução por bombas communs é sempre onerosa e pouco segura, e ás vezes, impossivel, quando o diametro reduzido e as sucções muito profundas, mesmo usando os dispositivos das centrifugas para sucções profundas (Marelli, etc.), ou as bombas multi-celulares mergulhadas (Cook, etc.).

O *pequeno diametro dos furos de sonda economicos* constitue o maior obstaculo. Nosso caso, de sucção de perto de 30 metros, sob diametro de 7 e meia pollegadas e vasão de 70 mil litros, hora, só encontrou solução racional no "air-lift".

Aspectos economicos da solução do problema do abastecimento d'agua de Araxá

Provadas sobejamente as vantagens tecnicas em favor da solução apresentada, abordemos o aspecto financeiro da questão.

Façamos o estudo comparativo das aduções: mecanica (pelo "air-lift") e natural (por gravidade).

I) — *Condução natural (gravidade)*

Vimos acima que a aducção por gravidade levaria a municipalidade á inversão de 1.200 contos de réis.

Suppondo a previsão de 30 annos, calculemos os juros e as amortizações annuaes para a extincção do capital e juros accumulados até o fim deste periodo.

A formula a se applicar é

$$a = \frac{c r (1 + r)^n}{(1 + r) - 1}$$

em que

c = capital inicial = 1.200 contos.

r = taxa = 10 %.

n = tempo = 30 annos.

Façamos, para simplificar:

$$(1 + r)^n = K.$$

Teremos:

$$a = \frac{c r k}{k - 1}$$

Acharemos, successivamente:

$$k = i 7,449$$

e

$$a = 127.295\$073,$$

que seria a quota annual a despender pela Prefeitura.

Preliminarmente, a Prefeitura não supportaria este encargo, dada sua renda e os compromissos já assumidos.

II) — Elevação mecânica (Air-lift-bomba)

A inversão de capital para este caso será de 250 contos. Tem-se gasto mais, porém, com serviços que não dizem propriamente à condução d'água.

Podemos suppor a mesma duração de 30 annos, pois o grupo de reserva passará a effectivo na occasião opportuna, visto que as unidades são simetricas e substituíveis.

O problema é o mesmo anterior, accrescido, porém, dos gastos: de oleo combustivel e oleo lubrificante.

O serviço de energia electrica, sendo municipal, a Prefeitura dispõe de energia em condições vantajosas.

Faremos, porém, a "hypothese mais desvantajosa": O funcionamento "continuo" do grupo de reserva, de oleo crú.

Applicando a mesma formula anterior, acharemos:

$$a = 26:519\$811$$

Quanto ao consumo dos oleos combustivel e lubrificante, o motor que montámos absorve 200 grammas do primeiro e 5 grammas do segundo, respectivamente, por cavallo-hora.

Com a vasão calculada, basta um funcionamento de 20 horas, donde, para 50 cavallos, 1.000 cavallos hora, por dia, que corresponderiam a 200 kilos de oleo crú por dia. Segundo o representante local da Standard Oil teremos o oleo comprado em grosso, mais ou menos a 500 réis o kilo, donde a despesa diaria de 100\$000, que corresponderia a . . . 36:500\$000 por anno. Correlativamente, o oleo lubrificante ficaria em 4:560\$000 por anno.

Resumindo:

| | |
|--------------------------------|--------------------|
| Juros e amortizações | 26:519\$811 |
| Oleo combustivel | 36:500\$000 |
| Oleo lubrificante | 4:562\$500 |
| Total | 67:582\$311 |

A differença entre as duas aducções: por gravidade e mecânica é de
127:295\$073 — 67:582\$311 = 59:712\$762

No fim de 30 annos as duas installações "finalizarão a sua missão", tendo a municipalidade gasto: com a condução natural:

$$3.818:852\$190$$

e com a elevação mecânica, no caso mais desfavoravel,

$$2.027:469\$330$$

A economia real seria de

$$1.791:382\$860.$$

O lucro effectivo, porém, vae a mais de 2 mil contos, visto que o grupo de oleo crú funcionará muito pouco, excepcionalmente, e, portanto, a parcella 2, justamente a mais pesada, será minima.

Além disto, o grupo de oleo crú funcionando apenas excepcionalmente, suas unidades, no fim de certo tempo, estarão ainda quasi novas, e o grupo passará de reserva a effectivo.

Outro aspecto interessante é o seguinte: nossa aductora, de apenas 1 km., trabalha, actualmente, com folga, sob minima velocidade. Dentro de largos annos, o desenvolvimento da cidade, exigindo accrescimento da vasão, por exemplo duplicação, para o caso da nossa installação serão necessarios apenas cerca de 20 contos, que corresponderão á aquisição de outro grupo moto-compressor, ao passo que a condução natural absorveria "outra vez" muito mais de 1.200 contos.

GENERALIZAÇÃO DO PROCESSO

Considerações sobre a possibilidade da adaptação do processo a outras localidades

A solução de Araxá constituiu, evidentemente, o ponto de partida, o exemplo e o aviso para outras municipalidades onde os estudos preliminares tenham preconizado a applicação do systema.

Uma tentativa de generalização bem orientada nos levaria a resultados interessantes.

Para focalizar uma região que conhecemos diremos que o Triangulo Mineiro, por exemplo, região de extensos chapadões, "onde as aguas altas são raras e distantes", encontraria, nas reservas hydricas do subsolo a solução racional do abastecimento da maioria dos seus nucleos de população.

Todos os geologos que se têm occupado desta região são concordes em o affirmar.

Um dos maiores conhecedores da geologia e hydrogeologia triangulina, o geologo Glycon de Paiva, do S. G. Federal, teve occasião, ha dias, de trocar idéas comnosco neste sentido. A "vol d'oiseau", a geologia do Triangulo se resume no derrame diabasio em correlação com o derrame augitico do trape do Paraná, formação mais exposta a Oéste e que vem sendo invadida de Leste para Oéste pela desagregação dos sedimentos da Serie de Minas, em formações areniticas, argilo-arenosas e pyroclasticas dos chapadões, que se impregnaram de agua em geral de boa qualidade. Pela conclusão dos estudos de porosidade e permeabilidade dos terrenos e observação prolongada do regime hydrologico do Triangulo, acha o dr. Glycon opportuna a applicação do methodo das sondagens verticaes apoiado em acurados estudos geo-hydrologicos locais.

Nada de varinhas magicas nem fantasiosos aparelhos para a pesquisa das riquezas de nosso sub-solo; bons estudos geologicos e hydrogeologicos e racional applicação pratica dos mesmos é para o que devemos appellar.

Ao que sabemos, o Departamento dos Serviços Geologicos e Mineralogico de Minas Gerais, pela esclarecida visão de seu Superintendente Engenheiro Benedicto Quintino dos Santos, está apparelhando meios para organização da carta hydrogeologica de Minas.

Já constitue um consolo.

ESTUDOS PETROGRAPHICOS

Devemos ao talento e operosidade do dr. Octavio Barbosa, do Serviço Geologico Fe-

deral e actualmente em commissão como Petrographo do S. G. de Minas Geraes, o estudo exhaustivo dos testemunhos de nossas sondagens.

Destes estudos transcrevemos aqui somente a primeira parte, até 46 metros, visto que a segunda parte ainda não está concluída.

Já estamos, porém, informados de que a sonda cortou, a 70 metros, um veio de Limburgito, um basalto ultra-basico, rico em olivina, rocha a que o dr. Barbosa ligou muita importancia como esclarecedora de multiplos aspectos da geologia local.

Dentro em breve daremos publicidade a esta segunda parte do interessante relatório do dr. Barbosa, para que os estudiosos do assumpto verifiquem o quanto a petrographia vem sendo cultuada entre nós.

Por ora contentemo-nos apenas com a primeira parte, que segue abaixo.

"Bello Horizonte, 9 de junho de 1933. Estudo petrographico e chimico das rochas dos testemunhos da segunda sondagem executada em Araxá.

Profundidade: 12 mts. — as amostras constam de itacolomito branco, friavel, com camadas ora mais compactas, ora mais ricas em sericita.

18 mts. — Micaschisto ferruginoso, um tanto decomposto.

24 mts. — Itacolomito em parte inteiramente silicificado e endurecido, com pequenos cristaes de pyrita limonitizada.

28 mts. — a) rocha verde clara, molle, decomposta, inidentificavel, com palhetas frescas de mica (lepidomellana) e massas verdes escuras, chloritosas; parece ser araxaito alterado e decomposto; b) rocha schistosa, com lentes e cicatrizes de quartzo (será descripta mais abaixo).

32 mts. — é a mesma rocha mencionada em b), a 28 mts. de profundidade; cor cinza escura esverdeada, com raias cor de ferrugem; ao microscopio (preparação 19 do Serviço Geologico de Minas Geraes) reconhece-se que a textura schistosa é devida a listras alternadas de quartzo finalmente granular e mica em palhetas orientadas. As faixas de quartzo encerram alguns fragmentos de orthoclasio e raros cristaes perfeitos de apatita. As listras de mica constam de sericita e um ou outro exemplar de biotita; hydroxidos de ferro com argilla coloram as faixas de mica e induzem os granulos de quartzo. As lentes e cicatrizes citadas não são mais que recristalizações do quartzo que se torna idiomorfo mais para o centro dellas, formando pequenas drusas de quartzo hyalino. Pelo estudo de mais duas preparações (41 mts. de profundidade) chegamos a conclusão de que tal rocha é um producto de metamorphismo hydrothermal de contacto; na sua phase final de consolidação o araxaito feldspathizou o itacolomito sobrejacente, transformando-o posteriormente por acção hydrothermal em um verdadeiro philito. (Nessa conclusão ouvimos o dr. Djalma Guimarães prefeito conhecedor da provincia petrographica em questão).

35 mts. — Itacolomito silicificado e feldspathizado (o feldspatho já está kaolinizado).

41 mts. — a) amostra semelhante á já estudada na preparação 19, mostrando, porém, fragmentos de orthoclasio mais perfeitos (preparação 18), algumas lentes sendo de quartzo cryptocristallino (tipicamente hydrothermal) e depositos em fendas de um mineral amarello-esverdeado, que identificamos como um hydrosulfato ferrico (copiapita) o que foi confirmado pelo exame chimico effectuado pelo dr. Hans Weber, do Instituto de Chimica da Escola de Engenharia, conforme documento annexo; b) rocha verde-escura schistosa; consta de fragmentos frescos de phenocristaes de orthoclasio, apatita idomorpha e palhetas e fibras de uma mica parda escura esverdeada (lepidomellana), desenvolvida principalmente nas fendas orthogonaes de clivagem do feldspatho, cimentados por uma massa quartzosa impregnada de hydroxidos de ferro, kaolin e clorita; esta é uma epigenização da mica. (Essas fibras de mica parecem á primeira vista, ser agulha de aegirina, mais a absorpção em relação ao eixo Z é diferente). O quartzo granular em faixas paralelas dá schistosidade á rocha, que é tambem um producto da mesma origem que a anterior. O exame chimico demonstrou a ausencia de traços de níquel de cobre, conforme documento annexo.

45 mts. — rocha identica á mencionada em a), a 41 mts. Algumas fendas contêm hydro-sulfato ferrico e vê-se na amostra um cristal de pyrita alterada de 2 cms.

Petrographicamente as amostras colhidas de 28 mts. para baixo são productos de schistificação do itacolomito sobrejacente, devidos a acção pneumatolíticas e hydrothermaes do magna nephelínico.

Até 45 mts., portanto, a sonda.

Até 45 mts. portanto a sondagem não cortou o araxaito, propriamente dito".

DESCRIÇÃO GERAL DA INSTALAÇÃO DE ARAXÁ

FUROS DE SONDA

- Furo de sonda n. 1.
- Diametro do furo 7 1/2 pols.
- Diametro do revestimento 8".
- Profundidade 68 mts.
- Comprimento do revestimento 27 mts.
- Submergencia 60% para 14 l. s.
- Columna de emulsão 6", com injeção central de ar typo VC da Ingersoll-Rand.
- Adução directa para o reservatorio de alimentação das centrifugas.

FURO DE SONDA N. 2

- Diametro 7 1/2".
- Profundidade 75 mts.
- Comprimento do revestimento 26 mts.
- Diametro do revestimento 8".
- Submergencia 70% para 16 litros-segundo.
- Columnas de injeção e emulsão identica ás precedentes.

— Adução para um pequeno reservatorio metallico elevado em torre metallica e provido de deflector. Adução por gravidade para o reservatorio de alimentação das centrifugas.

II — EDIFICAÇÕES

Casa de machinas — corpo principal do edificio 12×8 mts.

- Reservatorio de alimentação das centrifugas 24.000 litros, revestido por azulejos.
- Reservatorio de oleo-cru' 12.000 Its.
- Subestação electrica.
- Deposito de oleos.
- Deposito de materiaes.
- Residencia typo bungalow, para o machinista.

III — INSTALAÇÕES ELECTRO-MECHANICAS

— Grupo transformador triphasico 10000|110-220 volts, 50 kva., com protecção completa.

— Dois compensadores automaticos de partida G.E. typo... 1051-A1A.

— Tres interruptores de boia GE, typo CR-2931-form-p.

— Um motor electrico para o compressor, 30 HP 1450 r. p. m. typo KT.

— Idem de 25 HP-2950 r. p. m. typo KF, para a bomba.

— Dois compressores de ar Ingersoll-Rand, classe ER-1, diametro do cil. 9", curso 8".

— 320 r. p. m. com transmissão Tex-Rope de 6 ranhuras. Deslocamento do embolo 216 pés-cubicos-minuto. Volume de ar livre a 70 libras de pressão: 155 pés-cubicos-minuto.

— Um reservatorio de ar vertical Ingersoll-Rand 18"x16" completo, com valvula de segurança e manometro.

— Dois purificadores-separadores automaticos de ar (dri-air), da New-Jersey C°.

— Uma bomba centrifuga Cameron-Ingersoll-Rand, typo GT-2,2900 r. p. m. 16 l. s. para 60 mts.

— Uma bomba centrifuga Cameron, GT-2,2000 rp. 16 l. s., 60 mts. para ser conjugada a motor Diesel.

— Um motor Diesel, fabricação Man (Maschinenfabrik-Augsburg-Nurnberg), modelo w 3 V 16|22,3 cilindros, 4 tempos, eficiencia simples, vertical e sem compressor de insuflação. Potencia 60 HP Rotação: 750 rpm.

— Um pequeno compressor conjugado com garrafa de partida para 30 atmospheras e 55 litros de capacidade.

— Caixa de engrenagens 700|320 r. p. m.

— Um refrigerador de oleo e agua.

— Um reservatorio de oleo cru' conjugado com bomba manual para tambores e adução por gravidade para o grande reservatorio de oleo cru'. Capacidade 250 litros.

— Aductora de 1 kmf. para a caixa de distribuição da cidade. Tubos Barbará de 6 pollegadas.

Fiz, em linhas geraes, a nossa installação, já em pleno funcionamento satisfactorio.

Como explicamos acima, foi previsto o funcionamento automatico da installação.

Finalizaremos dando uma rapida idéa desse funcionamento automatico.

— Supponhamos que alta noite, o conjunto funcionando regularmente, e o consumo na cidade tenha decrescido a ponto do plano dagua do reservatorio distribuidor da cidade se elevar ao maximo. Antes da agua em exesso se perder pelo ladrão da caixa, um apparelho de commando automatico por fluctuação G. E. typo CR-2931-form P, em conjugação á distancia de 1 km. (casa de machinas) com um compensador automatico desligará a bomba centrifuga provocando, portanto, a elevação acima do normal do plano d'agua do reservatorio alimentador da bomba, até que um conjunto automatico identico ao anterior provoque a paralyzação do funcionamento do compressor de ar. Toda a installação ficará, pois, paralyzada, estando os dois reservatorios repletos.

Pela manhã o consumo da cidade fará baixar gradualmente o plano d'agua do reservatorio distribuidor. Ao atingir, porém certa altura, prefixavel, que deve ser mais ou menos a rota media do reservatorio, o referido contacto automatico por fluctuador fará ligar a bomba, o mesmo logo após acontecendo ao compressor de ar por effeito do abaixamento do plano d'agua do reservatorio de alimentação das centrifugas.

As operações automaticas de partida e interrupção dos motores da bomba e do compressor de ar, bem como o preparo do compressor para o arranque e parada são realizados por meios de 2 compesadores de partida e automaticos G.E. typo 7051-A-1-A, conjugados com a valvula magnetica Ingersoll-Rand typo A-57 em correlação com solenoides G. E. typo CR-9503.

Para finalizar a nossa modesta exposição juntamos algumas photographias que a elucidam, e cujas legendas dispensam demais explicações.

ARAXA', 6-1934.



*A Redacção não se responsabilisa pelas idéas
emittidas em artigos devidamente assignados.*