

TÍTULO DO TRABALHO

ELEMENTOS PROPEDEÚTICOS PARA COMPREENSÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS RA SAS OCORRENTES NA PARTE ORIENTAL DA ILHA DE MARAJÓ-PARÁ

POR

J.PIUCI*

RESUMO--Na parte oriental da Ilha de Marajó, é imprescindível per
querir o modo de ocorrência, a qualidade e a técnica de captação de
águas subterrâneas, embora seja indubitável que a região possui imen
sa riqueza hídrica. Destacam-se três sistemas aquíferos: Tucunare,
Arari e Marajó. Esses aquíferos apresentam boa potencialidade para
suprir toda demanda atual e projetada, seja para abastecimento pú
blico ou particular. Todavia, uma boa parte dessas águas subterrâ
neas congregam vários tipos de restrições químicas aos diferentes
usos, implicando na necessidade de conhecê-las detalhadamente para
melhor proveito das comunidades locais, quer para subsidiar o desen
volvimento social ou incrementar as atividades econômicas. Consta
ta-se uma produção técnico-científica voltada aos assuntos pertinen
tes, embora sendo, do mais alto nível e com surpreendente diversifi
cação está longe de atingir a proficuidade almejada no trato coti
diano da carência popular.

INTRODUÇÃO

A riqueza hídrica da parte oriental da Ilha de Marajó (com aproxima
mente 20.000 Km²) é fato evidente. Todavia, aspectos restritos localizados,
inerentes à região, devem ser analisados para melhor proveito de suas comu
nidades. As águas de superfície são muito abundantes. Ocorre aí o desa
gue do Tocantins e outros rios menores que contribuem com a magnífica Baía
de Marajó (conhecida também como Rio Pará), além da comunicação com o Rio
Amazonas, através do Furo de Breves e outros, a sudoeste da área. De tal
modo que, se encaixa entre a Ilha e parte continental, a leste, onde está
situada a Cidade de Belém, um reservatório gigantesco de água que ultrapasa
sa dezena de quilômetros de largura, na direção norte. A Ilha, de fato,
não é uma simples ilha. É na verdade, um conjunto de inúmeras parcelas de
terras planas separadas, entre si, por um fantástico emaranhado de rios, i
garapés e furos que se intercomunicam, além da pujante presença sazonal do
maravilhoso Lago Arari na parte centro norte. De tal sorte que estas águas,
fazendo parte de um mesmo conjunto de vazos comunicantes, possibilitam um
sistema hidroviário de transporte local, dos mais eficazes, embora enigmáti
co para os não adestrados, sem contar o fascínio que estas águas provocam
no visitante. Quando as atividades comunitárias são desenvolvidas em cima
de uma mesma ilha, é possível executá-las por terra; pelo contrário, pre
valem as montarias e embarcações fluviais, mui providenciais na estação
chuvosa (localmente conhecida como inverno).

*Geólogo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, SP

Mas, essas águas, possuem poluição natural e em alguns pontos já estão contaminadas, inclusive pela atividade humana; necessitando, assim, tratamento prévio para consumo. E, nem sempre ocorrem onde existe demanda de água potável. Quanto ao tratamento necessário para utilização das águas superficiais em abastecimento público, sabe-se de sua honerosa complexidade, através, por exemplo, do sistema de captação, tratamento e distribuição operado pela Cosanpa, na região Metropolitana da Grande Belém, a qual dá preferência, em vários casos, para águas subterrâneas através de poços profundos. E, no que diz respeito à escassez de águas de superfície em locais onde há demanda de água potável, é fundamental que se leve em conta a sua rarefação populacional marajoara, essencialmente rural. Alguns dos principais núcleos urbanos localizados à margem da Baía de Marajó, onde as populações estão mais concentradas, quiçá fossem merecedores de estudos alternativos para abastecimento público, através de tratamento sumarizado de águas de superfície; entretanto, para a maioria dos casos, o abastecimento com água de superfície tratada é definitivamente proibitivo, sendo muito mais vantajoso o abastecimento com águas subterrâneas. Ainda, estes recursos hídricos de subsuperfície são favoráveis nas captações destinadas ao abastecimento doméstico.

Uma particularidade da Ilha, nas circunvizinhanças do Lago Arari, são suas planícies de campos naturais, onde são desenvolvidos extensos criatórios de gado bovino e bufalino, fator econômico de primeira ordem para a região, participando, respectivamente, com 30,28% e 97,20% desses rebanhos paraenses. Nesses campos, um fenômeno que acontece ciclicamente ao longo dos anos hidrológicos, compromete sobremaneira o sucesso da criação desses rebanhos. Com efeito, esses campos, estando sujeitos a inundações nos períodos chuvosos e, por outro lado, sofrendo por falta de água nos períodos de seca, provocam dizimação de 5 a 10% dos rebanhos, quando o gado procura alimentos em locais de atoleiros ou padecem nas longas caminhadas de terreno poeirento à procura de água. Estes, são os fatores que norteiam a prospecção e utilização de águas subterrâneas na Ilha de Marajó. Entretanto, ressalve-se que as águas subterrâneas rasas de menores profundidades são as que possuem o gama de caracteres mais próximo das proposições solutivas para a maioria dos casos de captações, pois, são as que implicam nos menores dispêndios além de serem as menos salinizadas. Nesses casos, entende-se por água subterrânea rasa, toda água contida, na zona saturada, com disponibilidade para exploração, desde a primeira superfície equipotencial até dezenas de metros de profundidade (Fig.1 e 2).

GENERALIDADES

A parte oriental da Ilha de Marajó é uma microregião homogênea, do Estado do Pará, composta por sete municípios, que apresentaram em 1980, as seguintes populações: Chaves(15.428), Santa Cruz do Arari(4.812), Cachoeira do Arari(11.627), Ponta de Pedras (13.094), Muaná(19149), Soure(16.311) e Salvaterra(10.152). Suas densidades demográficas variam entre 1 a 25 habitantes por quilômetro quadrado; sendo que, quase 70% está distribuída na zona rural.

Fisiografia

O clima é do tipo tropical úmido, segundo Wladimir Koeppen. A estação chuvosa se intensifica de janeiro até junho com chuvas intensas e contínuas; o período seco, caracteriza-se por estiagens e precipitações esparsas e se desenvolve de julho até dezembro. Entre uma estação e outra, existe um período de transição. A pluviosidade pode atingir 2.900 mm em um ano, em algumas localidades da área(IDESP 1974). A média anual de temperatura igual a 27°C cobre toda a Ilha(TANCREDI et alii 1975a). FENZL & PIUCI(1977) obtiveram temperatura média do ar igual a 28,2°C, durante os três primeiros dias do mês de julho em Ponta de Pedras. Umidade relativa do ar sempre elevada, acima de 80%. As superfícies dos terrenos podem ser enquadradas em duas famílias principais: as terras sujeitas a processo erosivo (altitudes inferiores a 20 metros), bordejando a Ilha na parte oriental e, as predominantes planícies de semi-inundação, interioranas. Vários tipos de vegetação aí se desenvolvem em função dos diferentes solos. Sobressaem os campos naturais de gramíneas; entretanto, florestas densas estão desenvolvidas em terrenos mais antigos e acompanhando parte da drenagem principal. As mangófitas (anin-gas e mangueiros) são vegetações exclusivas das partes banhadas pelas marés onde ocorrem com supremacia os igapós abertos. Campos naturais com vegetação de cerrados ocupam áreas isentas de inundação, em forma de manchas dentro da floresta densa. Embora não haja desmatamento intensivo, nota-se a destruição de florestas na parte costeira com finalidades exploratórias. Também permeiam, capoeiras formadas pela atividade dos roçados de subsistência e algumas culturas agrícolas.

Influência das marés--A influência das marés na área, se deve ao fato da mesma se encontrar na região da desembocadura da Calha Amazônica e as baixas altitudes. Esta influência se dá de duas maneiras importantes para as águas: hidráulica e química. Assim, a drenagem da área em estudo tem seu fluxo normal barrado pelas marés no Oceano Atlântico e, desse modo, com o aparecimento de um degrau entre o nível do mar - mais alto - e o nível do rio - mais baixo - a propagação de energia potencial se processa através de uma cinemática que atinge os rios do baixo Amazonas(até Santarém) e pode ter repercussão nos níveis d'água dos poços próximos das margens. Amplitudes de marés da ordem de 2,5 até 4,0 metros, foram registradas em mareógrafos instalados em Ponta de Pedras(PIUCI 1978). Por outro lado, a influência química provocada pela salinidade marítima, pode limitar e até impedir o uso das águas de subsuperfície. De fato, águas salgadas existentes em estratos profundos, mostram que o mar transgrediu sobre a área, no tempo geológico. Por exemplo, LUDWIG(1968) encontrou 49.000 ppm de cloreto em uma das perfurações da Petrobrás, portadoras de águas salgadas e, aventou a possibilidade das águas salgadas descenderem de camadas superiores que também contivessem água com grande quantidade de sal. Esse alto teor de cloreto deixa transparecer a participação de águas marinhas nas águas subterrâneas da Ilha, pelo menos até a última transgressão (Flandriana) quando compremeteram, inclusive, aquíferos mais rasos. Além disso, DIÉGUES(1972) mostrou que o fenômeno da salinidade no estuário amazônico é atual. Porém, persistem dúvidas, quanto ao grau de influência salina que as marés atuais teriam sobre os aquíferos mais rasos, durante os períodos de diminuição das vazões de águas dos grandes rios que ali desembocam.

GEOLOGIA

Os primeiros trabalhos sobre a geologia da área foram realizados pelo Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, entre 1926 e 1932, pelo Conselho Nacional do Petróleo e pela Petrobrás a partir de meados de 1954. Mais recentemente, o RadamBrasil executou o levantamento dos Recursos Naturais da área, através de imagens obtidas em 1971/2, na escala 1:250.000. A Bacia do Marajó tem seu nome a partir da própria Ilha. Esta Bacia sedimentar é formada essencialmente, por duas grandes Fossas Tectônicas: Limoeiro e Mexiana, que, juntas, constituem a Fossa Tectônica Marajoara, totalmente assoreada. A origem da Fossa Marajoara como resultante da subsidência estabelecida por tafrogenia regional que se desenvolveu durante o Cretáceo Inferior e Superior e, do preenchimento com depósitos de piemonte e lacustres, é defendida por LUDWIG(1968). RESENDE & FERRADAES(1971), concordam que os movimentos tectônicos continuaram durante o Terciário de modo "relativamente insignificante". No arcabouço tectônico apresentado por estes dois autores, a parte oriental da Ilha está assentada sobre a Plataforma do Pará que se limita a oeste com o Alto de Guamã-São Vicente de Ferrer e que abarca o flanco direito da Fossa Marajoara. SCHALLER et alii(1971) apresentaram coluna estratigráfica preliminar dos sedimentos da área de Marajó e litorânea que preenchem a Fossa e circunvizinhanças. Nessa coluna, o Grupo Pará(Formações Pirarucu e Tucunarê) engloba os sedimentos onde estão localizados aquíferos de interesse, pois, sua Formação sobrejacente(Tucunarê) é arenosa. Todavia, subjacentes ao Grupo Pará, sedimentos carbonáticos do topo da Formação Marajó(Mioceno) podem comportar-se, também como aquífero, embora em profundidades maiores; e, capeando o Grupo Pará, sedimentos aluviais, que foram depositados sob influência de águas marinhas, de origem local(por exemplo: desmonte do Pediplano Pleistocênico adjacente) somados aos de origem em áreas mais afastadas(por exemplo: sedimentos andinos, conforme GIBBS 1967 e da Bacia do Maranhão, conforme BEMERGUY 1981), contribuem com a sedimentação mais recente que também comporta importantes aquíferos rasos, embora com restrições locais impostas por excesso de salinização e material pelítico.

A parte oriental da Ilha de Marajó é constituída por um pacote de sedimentos com espessura total aproximada crescente de 700(Ponta de Pedras/SE) a até 1500 metros(Chaves/NW), assentado sobre o Embasamento, conforme LUDWIG(1968). O Grupo Pará, no topo dessa sequência, sobrejacente à Formação Marajó, prepondera a florante na área, representado pela Formação Tucunarê. Os melhores afloramentos são identificados pelas falésias costeiras. A de Joanes deve ser a mais expressiva. As espessuras do Grupo Pará crescem de leste para oeste e podem atingir 200 metros no limite ocidental (SCHALLER et alii 1971). TANCREDI et alii(1975b) estimaram em 35.000 anos a idade dos sedimentos carbonosos intercalados nos estratos mais rasos. FRANZINELLI(1976) realizou raríssimo trabalho sobre a geologia de superfície da costa oriental da Ilha, desde as proximidades de Breves(a Sul) até o extremo nordeste. No artigo, a autora fornece dados para sugerir-se que a formação geológica onde estão localizadas as falésias, ocorre dos dois lados da Baía de Marajó. Embora, desde o início do século, vários pesquisadores se referiram aos arenitos ferruginosos distribuídos na costa do Estado do Pará, somente mais tarde, PIUCI & CÔES(1978) através da análise de assembléias de minerais, confirmaram a correlação da geologia da área de Ponta de Pedras com sedimentos a florantes nas adjacências de Belém. A figura 6 indica os locais amostrados e a frequência porcentual dos minerais pesados transparentes e não-micáceos.

Além disso, PIUCI(1978), através de correlações descritivas feitas entre as falésias presentes na área e mesmas feições geomorfológicas existentes no litoral norte(por exemplo: desde a falésia de Marauá, na Ilha de Mosqueiro até a falésia do Olho D'Água, na Ilha de São Luis do Maranhão, passando pelas falésias de Salinópolis, Baía de Japerica, Algodal e outras), concluiu que a Ilha de Marajó esteve ligada ao continente até quando a drenagem atual se estabeleceu propiciando origem da Baía de Marajó e por conseguinte a separação da Ilha, com aparecimento das feições geomorfológicas de hoje. PETERSEM & BEMERGUY(1978) subdividiram a Ilha de Marajó, geomorfológicamente, em três partes: 1) áreas elevadas no extremo leste apresentando horizontes com grande desenvolvimento de cimentação ferruginosa 2) planícies centrais de baixo relevo com padrões de vegetação típica 3) áreas apresentando recentes processos de sedimentação, predominantemente influenciados pela última transgressão Flandriana. Além disso, esses dois autores constataram, que os paleocanais são os corpos de maior interesse em hidrogeologia porque formam os mais abundantes corpos arenosos da Ilha. A partir desta última premissa, BEMERGUY(1981), desenvolveu estudos sedimentológicos em paleocanais da Região do Rio Paracauari (entre Soure e Salvaterra) e concluiu que a metodologia aplicada é favorável ao estabelecimento de um padrão sedimentológico que serve de apoio à prospecção de água subterrânea em aquíferos rasos, extensivo ao norte e nordeste da Ilha. Independente de objetivos imediatos ao campo da hidrogeologia, ainda é necessário dizer que a maior parte da metade oriental da Ilha de Marajó somada com parcela significativa da costa norte (entre as Baías de Marajó, no Pará, e São Marcos, no Maranhão: trecho ímpar onde se encaixam inúmeras rias) compõe importantes campos para pesquisas de sedimentações recentes do litoral Atlântico da América do Sul; além de que, esse trecho costeiro é exemplo didático belíssimo de subsidência crustal, onde a Fossa Marajoara tem papel significativo.

GEOFÍSICA

As propriedades físicas dos materiais terrestres (por exemplo: densidade, acústica, termal, elétrica, magnética e eletromagnética) permitem o conhecimento de aquíferos, aquíclodos, aquífugos e aquífardos. Por isso, a geofísica, através de seus vários métodos de investigação é ferramenta imprescindível em trabalhos de hidrogeologia. Alguns destes métodos geofísicos foram aplicados na parte oriental da Ilha de Marajó, por mais de uma dezena de pesquisadores, desde a década de 1970, objetivando esclarecer as ocorrências de águas subterrâneas apropriadas para suprir a demanda de água potável na região. Já em 1971, o IDESP, em convênio com a SUDAM, dá início aos trabalhos de geofísica. Com efeito, a partir dos primeiros anos da década passada, começaram aparecer as primeiras sínteses conclusivas. Assim, TANCREDI(1972) investigou a aplicação da prospecção elétrica para o entendimento da hidrogeologia da Ilha. Em 1974, o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará(IDESP) publica os estudos integrados da Ilha de Marajó, envolvendo, além das questões geofísicas e hidrogeológicas, toda a problemática dos recursos naturais da Ilha, trabalho supervisionado pela Organização dos Estados Americanos, que já vinha atuando na área desde a década anterior.

A partir de 1975, a Universidade Federal do Pará(UFPA), através do Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas(NCGG), com recursos principais da Financiadora de Estudos e Projetos(FINEP) desenvolveu uma série de pesquisas, no âmbito do projeto de avaliação e utilização dos recursos hídricos da Ilha - com mais intensidade para os subterrâneos - inclusive, para formação de

pessoal altamente especializado que resultou no desague de inúmeros trabalhos de aplicação de métodos geofísicos. A maior parte desses produtos foram elaborados em cima de áreas pilotos representativas da porção oriental da Ilha (KOBAYASHI 1979; BEZERRA 1979; CAVALCANTI 1979; PORSANI 1981; GUIMARÃES 1983). Posteriormente, CARRASQUILLA (1984) elaborou estudo geofísico regional sobre águas subterrâneas na Ilha, interpretando por meios mais modernos, as sondagens verticais (SEVs) que tinham sido feitas pelo IDESP e NCGG e que já passavam de 800; embora, grande parte das mesmas não tivessem sido, na época, totalmente interpretadas em forma quantitativa.

KOBAYASHI et alii (1978) e KOBAYASHI (1979 e 1982), aplicando sísmica de refração (sísmica rasa) em área experimental do Pediplano Pleistocênico Marajoara localizada em Ponta de Pedras, concluíram que com este método geofísico não foi possível distinguir os horizontes geológicos, mesmo pouco profundos. Todavia, o contraste de velocidade foi interpretado como superfície piezométrica pelo principal autor citado. A sísmica de refração rasa foi também aplicada com restrições na Ilha por GUIMARÃES (1983) para outra feição geomorfológica: paleocanais. Com o método eletroresistivo consegue-se resultados surpreendentes em mapeamentos de corpos com contrastes de condutância nitidamente distintas. Por exemplo, em área de 300 Km² prospectada no médio Paracauari, CAVALCANTI et alii (1978) concluíram que aproximadamente três quartas partes das águas subterrâneas rasas são desfavoráveis à exploração e que o restante está localizada em prováveis paleocanais com espessuras de 10 a 35 metros. No baixo Paracauari (entre Soure e Rio do Saco), KOBAYASHI & RIJO (1980), a partir de dados conseguidos com equipamento ER-300 da Companhia Nacional PERGEO, afirmaram: - 1) na região da cidade de Soure, é possível encontrar água de boa qualidade entre 10 e 50 metros de profundidade, 2) em cima dos paleocanais de topografia mais elevada é possível explorar água doce até 30 metros de profundidade e 3) nas adjacências dos paleocanais, a salinidade das águas varia de salobra a salgada.

PORSANI et alii (1980) e PORSANI (1981), investigaram uma área adjacente ao Lago Arari com aproximadamente 1000 Km², onde, além de sondagens elétricas - verticais e caminhamento elétrico, testaram 11 Km de caminhamento eletromagnético e concluíram ser este método, adequado ao mapeamento de corpos resistivos pouco profundos. Com esses métodos associados à fotografias aéreas convencionais, imagens de radar, análise das águas e dos sedimentos amostrados em perfurações, foram identificados dois tipos de materiais saturados: 1) feições predominantemente arenosas com água de boa qualidade mais ou menos mineralizadas e, 2) externamente às feições favoráveis, material argiloso ou mesmo arenoso com água fortemente salinizada. Posteriormente, FONSECA & BISCHOFF (1982) também concluíram pelo bom desempenho do sistema eletromagnético (transmissor e receptor, portáteis) na busca de feições sedimentares mais resistentes que o ambiente circunvizinho, na Ilha de Marajó. GUIMARÃES (1983), além de recomendar "... a utilização dos métodos eletromagnéticos para o reconhecimento lateral de zonas de água doce-água salobra,..." sugere o uso de "Um diagrama de Argrand, traçado com dados de laboratório,..." no fornecimento de "...subsídios para a determinação da condutância em ambientes de sedimentos não consolidados análogos ao de Marajó."

CARRASQUILLA (1984) conseguiu resultados interessantes na análise que fez das três famílias de curvas de SEVs da parte oriental da Ilha. Esse autor concluiu que "nem sempre é possível aplicar a teoria de SEVs em meios horizontalmente estratificados para interpretar SEVs obtidas em certos locais de

Marajó, os quais muitas vezes apresentam bruscas variações laterais de resistividade. Passou-se a demonstrar que estas variações laterais afetam profundamente os dados das SEVs, utilizando-se então, a técnica dos elementos finitos, a qual leva em conta essa variação bidimensional das propriedades físicas do meio."

AQUÍFEROS

Na metade oriental da Ilha de Marajó deverão ser objeto de exploração de águas subterrâneas, três sistemas aquíferos predominantes e favoráveis ao abastecimento público ou particular, denominados Tucunaré, Arari e Marajó. Eles, possibilitam essa macrocompartimentação trihidroestratigráfica, a partir de suas características geológicas e geomorfológicas intrínsecas e nitidamente distintas. O primeiro deles com o nome tirado da Formação Tucunaré estende-se de modo preponderante em toda região, se bem que, aflorando apenas nas bordas à leste. FENZL & PIUCI (1977) batizaram este sistema aquífero com o nome de Ponta de Pedras em trabalhos de hidrogeologia restrito ao núcleo urbano e adjacências que leva o mesmo nome. Aliás, Ponta de Pedras é homônimo dos arenitos ferruginosos ou grês do Pará que, por erosão diferencial, tornaram-se perigosos à navegação, na área, quando escamoteados pela água. Todavia, em hidrogeologia o nome a prevalecer é o da formação geológica conhecida, portadora de água; por isso, é conveniente denominar corretamente o aquífero de Tucunaré. O Aquífero Tucunaré é caracterizado por um fácies geológico formado de areias quartzosas de alta pureza, muito soltas, com intercalações argilosas em proporções diversas que se estende de maneira irregular; sendo que, esses corpos arenosos, provavelmente estão em comunicação entre si, apesar de se apresentarem complexamente no que diz respeito à sua distribuição espacial e de comportarem diferentes tipos de água (PIUCI 1978). CARRASQUILLA (1984), com interpretações de sondagens eletroresistivas, concluiu que na parte sul e sudeste da área, este aquífero ocorre com profundidades entre 10 e 50 metros. O Aquífero Tucunaré é livre em partes e semi-confinado em outras, alimentado por precipitações pluviais, com taxas de infiltração medidas, na ordem de 10⁶ a 10⁷ metros cúbicos em um quilômetro quadrado e porosidades efetivas estimadas entre 25% a 37%, na parte sudeste da área. Segundo FENZL & PIUCI (1981), um ensaio de bombeamento realizado em um poço localizado em parte representativa do Aquífero Tucunaré, na região de Ponta de Pedras, interpretado pelo método de Theis-Jacob, possibilita conhecer os seguintes valores para suas características hidrodinâmicas: permeabilidade (K) = 0,57 m/h, transmissibilidade (T) = 3,96 m²/h e armazenamento (S) = 0,031. SERRA & TANCREDI (1982) encontraram valores de transmissibilidade entre 2,0 e 40,9 m²/h. Embora, o valor mais alto tenha sido obtido em um poço com 80m de profundidade, localizado no Aquífero Marajó. Na figura 2 estão idealizados os três sistemas aquíferos, em seção transversal esquemática entre Soure e Chaves.

Arari

Os psamitos aluviais quartzosos, não consolidados, texturalmente maduros, de granulação média a fina, bem selecionados, depositados em formas geométricas, muitas vezes meandrantas, denominados paleocanais, "linhas de prais" e outras estruturas geológicas similares, distribuídas aleatoriamente em superfície (profundidades menores que 50 metros), inclusive, adjacentes ao Lago

Arari, onde predominam os campos naturais semi-inundáveis, formam um conjunto de corpos portadores de águas subterrâneas rasas que, quando não salinizadas em excesso, são primordiais em abastecimentos domésticos. O nome deste aquífero é tirado em caráter provisório, do grande lago e do rio que comunica com a Baía de Marajó. Por outro lado, embora a evolução geomorfológica da região do Arari, assim como a presença de excesso de sais em determinados sedimentos e dessalinização dos paleocanais, ainda pertença em boa parte ao elenco de modelos hipotéticos, o fato do sistema Aquífero Arari ser nitidamente distinto do Aquífero Tucunaré(subjacente), determina que receba tratamento diferenciado, inclusive quando tratar-se de tipos de obras de captações de águas de sub-superfície.

Marajó--Este sistema aquífero é conhecido, por métodos indiretos(geofísicos) e através de raríssimos poços profundos. É possível que este aquífero se estenda em toda área, subjacente ao Aquífero Tucunaré, com profundidades maiores que 50 metros. O IDESP(1974) descreveu o perfil geológico de um poço com calcáreo na profundidade entre 70 e 80 metros. A inexistência de perfurações adequadas para observação de suas propriedades, deixa dúvidas quanto à correlação feita entre altas resistividades obtidas em sondagens elétricas de superfície e seu topo, pois, além dessa hipótese, é possível que essas altas resistividades obtidas estejam associadas com areias profundas do Grupo Pará (Aquífero Tucunaré). Essa interpretação aliada a falta de dados diretos, dificulta a separação hidroestratigráfica entre os dois sistemas aquíferos Tucunaré e Marajó.

QUALIDADE QUÍMICA DAS ÁGUAS

LUDWIG(1968) comprovou a participação de águas salgadas em formações sedimentares profundas da Bacia de Marajó, concomitantes com as transgressões do mar. Por outro lado, DIÉGUES(1972) verificou a variação da salinidade das águas do Estuário Amazônico, para os principais períodos hidrológicos (anos 1963 a 1971): durante os meses de enchentes dos rios que tributam na vertente amazônica, há decréscimo dos teores de sais e, o contrário ocorre na estação seca. CUTRIM & SAUCK(1978) testando a influência das águas da Baía de Marajó(perfis Soure-Belém/N-S e Ponta de Pedras-Belém/E-W) e de dois rios da Ilha(Paracauari/NE e Marajó-Açu/SE) nas águas subterrâneas, durante um ano hidrológico perquerido, concluíram que "os aquíferos rasos(até 20m) do lado Este da Ilha de Marajó sofrem muito pouca ou nenhuma influência da salinidade das águas dos rios ou Baía de Marajó". Todavia, águas salgadas e salobras existentes em estratos rasos formados por sedimentos recentes, nas áreas onde predominam as planícies mais baixas, atestam que: em anos anteriores, águas com conteúdos elevados de sais marinhos foram introduzidas e permanecem na Ilha. Esse fenômeno foi possível, por exemplo, através da ligação natural entre o norte do Lago Arari e o extremo norte da Ilha(Furo de Tartarugas); com menor possibilidade, entretanto, atualmente, quando a cota do leito desse furo é superior ao nível do mar, segundo informações verbais do geólogo Antonio Carlos F.N.S. Tancredi.

Por outro lado, além das limitações perenes, impostas pelos altos teores salinos em extensões significativas das áreas mais baixas, as restrições para uso de várias águas subterrâneas de pouca profundidade na parte oriental da Ilha, são estabelecidas pelo relacionamento CHUVA-QUIMISMO(PIUCI 1978). Com efeito, PIUCI & FENZL(1978a 1978b), encontraram cinco períodos no ciclo

hidrológico, correspondentes a variações das propriedades físicas e químicas dessas águas, que podem comprometer o uso humano e agrícola: "outubro-novembro-dezembro apresenta pluviosidades mínimas causando Evaporação e Evapotranspiração intensa refletindo num aumento proeminente das concentrações iônicas provocando a Não Potabilidade parcial daquelas águas. Em dezembro-janeiro-fevereiro as primeiras precipitações do período chuvoso, sendo consumidas pelas zonas subsaturadas, quase não modificam o quimismo das águas subterrâneas. O aumento consecutivo das precipitações implica enriquecimento relativo provocado pela lixiviação das zonas subsaturadas. Fevereiro-abril: diminuição gradual das concentrações iônicas. Maio: queda brusca de todas as concentrações originando águas subterrâneas extremamente desmineralizadas. Junho-outubro: recuperação gradual das concentrações até atingir um máximo no final dos períodos secos", implicando, inclusive, na necessidade de monitoramento computacional dessas variações espaço-temporais, conforme modelo desenvolvido por FENZL et alii(1978 e 1980). No estudo da qualidade das águas subterrâneas rasas na parte Este da Ilha, conforme metodologia apresentada por FENZL & PIUCI(1980), os resultados analíticos, provenientes de vários aspectos particulares do quimismo dessas águas deverão ser compreendidos. Um deles, bastante problemático, é a questão dos altos teores de ferro solúvel encontrados(PIUCI & FENZL,1981). Para exemplificar o quimismo dessas águas, apresentamos no quadro 1 as características físico-químicas principais de uma área piloto estudada com detalhe, através de uma bateria com mais de quarenta piezômetros instalados por PIUCI(1978), de acordo com a Fig. 5. Essa bateria de pontos de controle do quimismo dessas águas permite, conforme ilustração nas figuras 3 e 4, mapeamento temporal de suas qualidades para usos na agricultura e consumo humano, na região de Ponta de Pedras.

CAPTAÇÕES

A maioria das captações de águas subterrâneas existentes e, para as quais deverão ser enfocadas atenções especiais são aquelas de pouca profundidade, destinadas ao consumo domiciliar. Os poços tubulares profundos se restringem, na área, a casos limitados. Assim sendo, destacam-se os poços escavados manualmente com pá e picareta e, em segundo plano os perfurados por cravação, lavagem e outras técnicas. Verificou-se em várias comunidades da parte oriental da Ilha, a supremacia do uso de poços escavados(SILVA et alii 1977). Por exemplo, em levantamento de campo realizado durante o mês de julho de 1975, o Autor constatou a existência de quase um poço escavado para cada uma das habitações rurais visitadas e, mesmo nos aglomerados urbanos semi-servidos por abastecimento público, muitos domicílios continuavam com seus poços escavados. Assim, foram cadastrados para as diferentes comunidades, seus poços mais representativos: Ponta de Pedras/z.urbana(49 p.), Estrada da Mangabeira(10 p.), Mangabeira(14 p.), Varela(5 p.), Antonio Vieira(17 p.), Jaguarajó(8 p.), Ponta(1 p.), Santana(9 p.), Tartarugueiro(4 p.), Curimã(2 p.), Praia Grande(7 p.), Cajueiro(nenhum), Vila Nova(7 p.) e Cucuiara(4 p.). Esses poços estavam em péssimas condições de conservação, não apresentando revestimentos internos, sem caixa de proteção na boca e descobertos. Uma grande maioria deles eram apenas buracos mal feitos e infectos, prejudicando, além do usuário, o próprio aquífero, com raras exceções onde estavam presentes instalações de bombas.

A importância do uso de poços escavados

Nunca devemos esquecer as origens da cultura de um povo (costumes e tradições), se, de fato, quisermos contribuir com sua manutenção e crescimento. Por isso, é necessário que se entenda o porque do uso dos poços escavados. Entretanto, haja consciência de que esse tipo de atividade intelectual-profissional não tem sido assunto para badalos e pompas. O uso de água potável por meio de escavações de poços, tem idade milenar e foi muito desenvolvido pelas civilizações mais adiantadas. No Brasil, essas técnicas foram transferidas pelos colonizadores. Os nativos daqui não as conheciam. Os indígenas bantus de Angola que foram trazidos para cá como escravos, conheciam-nas (embora rudimentarmente em baixadas úmidas) por "kixima", que resultou em cacimba e cacimbão no nordeste, quicã por atividades quilombanas. Os europeus, no tempo do Brasil colônia, deram bastante importância para este tipo de captação de água. Por exemplo, existe um poço escavado e revestido com blocos em arenito ferruginoso (grês do Pará), até hoje fornecendo água para a pequena comunidade de Cururu, em Salvaterra, de provável construção jesuítica. Um tipo especial de poço escavado foi introduzido em várias localidades do vale amazônico pela Fundação Serviço Especial de Saúde Pública (FSESP), a partir de meados da década de 1940 e início da década seguinte. Essas captações, embora não exista nenhuma delas na área investigada são merecedoras de citação devido a fama que ganharam com o nome apropriado de Poço Amazonas, todavia, na maioria dos casos, o termo tenha aplicação indevida.

Durante este meio milênio de miscigenação entre indígenas, portugueses, africanos e outros povos, muito pouco restou na consciência do povo brasileiro sobre o uso conveniente de água potável por meio de poços escavados, por isso, encontramos hoje, muitas situações de calamidade sanitária nas comunidades marajoaras. Porém, já que se sabe que 80% das doenças do terceiro mundo têm origem no mau uso da água e que 70% dos casos de abastecimento com água de boa qualidade serão resolvidos com águas subterrâneas, resta conscientizar-se da necessidade de um mínimo de importância para os poços escavados na parte oriental da Ilha de Marajó.

CONCLUSÕES

As comunidades demandantes de águas apropriadas para consumo humano e animal, para uso em irrigação e operacionalidade de pequenas indústrias, na parte oriental da Ilha de Marajó, ficam na dependência da utilização de águas subterrâneas, caso queiram promover o desenvolvimento de suas riquezas materiais e conseguir o bem-estar social almejado. Contudo, o conhecimento adquirido pelos estudiosos do assunto ainda não reverteu em benefício direto para a região; além de que, infelizmente, as atividades de campo por parte das instituições que vinham atuando na área, através de projetos específicos, continuam semi-abandonadas. Um modo eficaz de dar alguma contribuição técnica e levar a sabedoria acumulada nos centros de pesquisas pelos iluminados deuses da ciência, para gozo das populações interioranas carentes, é através dos meios de comunicação existentes e de campanhas de esclarecimento nas escolas e núcleos comunitários que prestam assistência social junto a estas populações. Pelo contrário, o papel da ciência e da técnica, quando não retrogrado, servirá apenas de deleite intelectual-emocional de setores privilegiados. Algumas entidades, possuindo caráter e competência para gestarem tais assuntos, deveriam tomar a dianteira nesta responsabilidade pública: Universidade Federal do Pará, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do

Pará, Núcleo de Altos Estudos da Amazônia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, Fundação do Serviço Especial da Saúde Pública, Companhia de Saneamento do Estado do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Departamento Nacional de Obras e Saneamento, Departamento Nacional da Produção Mineral além do Governo do Estado do Pará.

Agradecimentos

Ao professor e doutor Sérgio Mezzalira, pérola humana e cientista incansável que analisou o texto, contribuindo com a melhoria de sua qualidade. Ao geólogo Ademar Tokio Ogawa pela elaboração do abstract. À Vera Lucia do Amaral Haber pela datilografia final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEMERGUY, R.L. - Estudo sedimentológico dos paleocanais da região do Rio Paracauari, Ilha de Marajó-Estado do Pará. Belém, NCGG, 1981. Diss. (Mestr. Cienc. Geol.) NCGG/UFGPA, Belém, 1981.

BEZERRA, C.A.C.A. - Eletroresistividade aplicada ao estudo de água subterrânea no município de Salvaterra; Marajó-Pará. Belém, NCGG, 1979. Diss. (Mestr. Cienc. Geof.) NCGG/UFGPA, Belém, 1979.

CARRASQUILA, A.A.G. - Estudo geofísico regional sobre águas subterrâneas na Ilha de Marajó-Pará-Brasil. Belém, NCGG, 1984. Diss. (Mestr. Cienc. Geof.) NCGG/UFGPA, Belém, 1984.

CAVALCANTI, G.M.L. - Geofísica aplicada a prospecção de água subterrânea na área do Rio Paracauari-Ilha de Marajó-Pará. Belém, NCGG, 1979. 88p. Diss. (Mestr. Cienc. Geof.) NCGG/UFGPA, Belém, 1979.

_____; SAUCK, W.A.; RIJO, L. - Geofísica aplicada à prospecção de água subterrânea na área do Rio Paracauari, Ilha de Marajó, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Resumos Recife, SBG, 1978. p. 354.

CUTRIM, E. & SAUCK, W.A. - Condutividade das águas da parte oriental da Ilha e da Baía de Marajó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Resumos Recife, SBG, 1978. p. 354 e 355.

DIÉGUES, F.M.F. - Introdução à oceanografia do estuário amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém, 1972. Anais 2 Belém, SBG, 1972. p. 301-17.

FENZL, N.; RIJO, J.; PIUCI, J. - Tratamento de dados geo-hidroquímicos através do computador digital. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Resumos Recife, SBG, 1978. p. 145 e 146.

_____; RIJO, L.; PIUCI, J.; GUIMARÃES, P.B.M. - Interpretação, classificação e apresentação de dados hidroquímicos para uso humano e agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980. Anais Recife, 1980. p. 85-97.

FENZL, N. & PIUCI, J. - Estudio Hidroquímico de las águas subterrâneas de pequenas profundidades na área piloto Ponta de Pedras-Ilha de Marajó. In: CONGRESSO GEOLOGICO VENEZOLANO, 5., Caracas, 1977.

_____ & PIUCI, J. - Estudo da qualidade das águas subterrâneas rasas na parte Este da Ilha de Marajó; metodologia e resultados. REV. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, 2(1):33 e 34, 1980.

_____ & PIUCI, J. - Ensaio de bombeamento e métodos granulométricos para determinação das características hidrodinâmicas do Aquífero Ponta de Pedras; Marajó. REV. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, (4):5-12, dez. 1981.

FONSECA, N.R.M. & BISCHOFF, J.H. - Um sistema eletromagnético para prospecção de água subterrânea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2., Salvador, 1982. Anais Salvador, ABAS, 1982. p.233-41.

FRANZINELLI, E. - Contribuição à sedimentologia da Baía de Marajó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto, 1976. Anais 2 Ouro Preto, SBG, 1976. p.91-106.

GIBBS, R.J. - The geochemistry of the Amazon River system: part 1, The factors that control the salinity and composition and concentration of suspended loads. Geol. Soc. Amer. Bul., 78:1203-32, 17 figs., October, 1967.

GUIMARÃES, P.P.D. - Métodos sísmicos de refração e eletromagnético aplicados ao estudo de um paleocanal da Ilha de Marajó, Pará. Belém, NCGG, 1983. Diss. (Mestr. Cienc. Geof.) NCGG/UFGA, Belém, 1983.

INDESP, Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará - Estudos Integrados da Ilha de Marajó. Governo do Estado do Pará, Belém, 334p. 1974.

KOBAYASHI, C.N. - Métodos geofísicos aplicados a prospecção de água subterrânea no Município de Ponta de Pedras-Ilha de Marajó-Pará. Belém, NCGG; 1979. Diss. (Mestr. Cienc. Geof.) NCGG/UFGA, Belém, 1979.

_____ - Eletroresistividade e sísmica de refração no estudo de água subterrânea, em Marajó-PA. REV. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, (5):33-43, abr. 1982.

_____ ; SAUCK, W.A.; RIJO, L. - Métodos geofísicos aplicados à prospecção de água subterrânea no município de Ponta de Pedras, Ilha de Marajó-Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Resumos Recife, SBG, 1978. p.352.

_____ & RIJO, L. - Eletroresistividade aplicada a prospecção de água subterrânea no município de Soure. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980. Anais Recife, ABAS, 1980. p.71-84.

LUDWIG, G. - Die geologische entwicklung des Marajó-Bechens in Nordbrasilien. Geol. Jb., (86):845-78, 3Abb., 8Tab., 10Taf., Hannover, October 1968.

NCGG - Projeto avaliação e utilização dos recursos hídricos da Ilha de Marajó-Pará. NÚCLEO DE CIÊNCIAS GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS/FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Relatório Interno. Belém, 1975. (inédito).

PETERSEN, M.D. & BEMERGUY, R.L. - Geologia do quaternário da Ilha de Marajó, envolvendo mapeamento ambiental e sedimentologia de ambiente fluvio-táico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Resumos Recife, SBG, 1978. p.353 e 354.

PIUCI, J. - Hidrogeologia da área piloto Ponta de Pedras; Ilha de Marajó, Belém, NCGG, 1978. Diss. (Mestr. Cienc. Geof.) NCGG/UFGA, Belém, 1978. 143p.

_____ & FENZL, N. - Variação do quimismo das águas subterrâneas rasas durante um ano hidrológico e suas consequências para o uso humano. In: REUNÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 30., São Paulo, 1978(a). Resumos São Paulo, SBPC, 1978(a). p.394.

_____ & FENZL, N. - Características físico-químicas das águas subterrâneas rasas de Ponta de Pedras (Ilha de Marajó) e suas consequências para o uso humano e agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978(b). Resumos Recife, SBG, 1978(b). p.353

_____ & FENZL, N. - Ocorrência, consequência e remoção do ferro nas águas subterrâneas. REVISTA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, (4):29-40, dez. 1981.

_____ & GÔES, A.M. - Reconhecimento geológico da região de Ponta de Pedras - Ilha de Marajó-Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Resumos Recife, SBG, 1978. p.352.

PORSANI, M.J. - Paleocanais, uma opção para a prospecção de água subterrânea rasa na Ilha de Marajó. Belém, NCGG, 1981. 95p. Diss. (Mestr. Cienc. Geof.) NCGG/UFGA, Belém, 1981.

_____ ; RIJO, L.; BISCHOFF, J.; FONSECA, N.M.da - Métodos Geofísicos aplicados a prospecção de água subterrânea, na região do Lago Arari. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., Recife, 1980. Anais Recife, ABAS, 1980. p.269-84.

RESENDE, W.M.de & FERRADAES, J.O. - Integração geológica regional da bacia sedimentar da foz do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais 3 São Paulo, SBG, 1971. p.203-14.

SCHALLER, H.; VASCOLCELOS, D.N.; CASTRO, J.C. - Estratigrafia preliminar da bacia sedimentar da foz do Rio Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. Anais 3 São Paulo, SBG, 1971. p.189-202.

SERRA, V.H. & TANCREDI, A.C.F.N.S. - Estudos hidrogeológicos da Ilha de Marajó. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., Belém, 1982. Anais Belém, SBG, 1982. p.339-50.

SILVA, H.F.da; REIS, C.M.dos; TANCREDI, A.C.F.N.S. - Hidrologia da Ilha de Marajó. REVISTA SANEAMENTO, Rio de Janeiro, 51(3 e 4):98-109. jul/dez. 1977.

TANCREDI, A.C.F.N.S. - Application de la prospection électrique a l'étude hydrogéologique de L'Ile de Marajó-Etat du Pará-Brésil. França, juin. 1972. (Tese de Mestrado, Université de Strasbourg).

TANCREDI, A.C.F.N.S. ; REIS, C.M. dos ; SILVA, H.F. da - Étude Hydrogéologique de l'Île de Marajó. ASSOCIATION INTERNATIONALE DES HYDROGÉOLOGUES, Mémoires, v. XI Anais Reunion de Porto Alegre/Brésil. 1975(a). p.21-4.

; SIEFFERMANN, G. ; BESNUS, Y. ; FUSIL, G. ; DELIBRIAS, G. - Présence et Formation de Niveaux de Siderite dans Sédiments Récents du Delta Amazonien. Versailles, Bulletin du Groupe Français des Argilas, TOME XXVII, p.13-29, 1975(b).

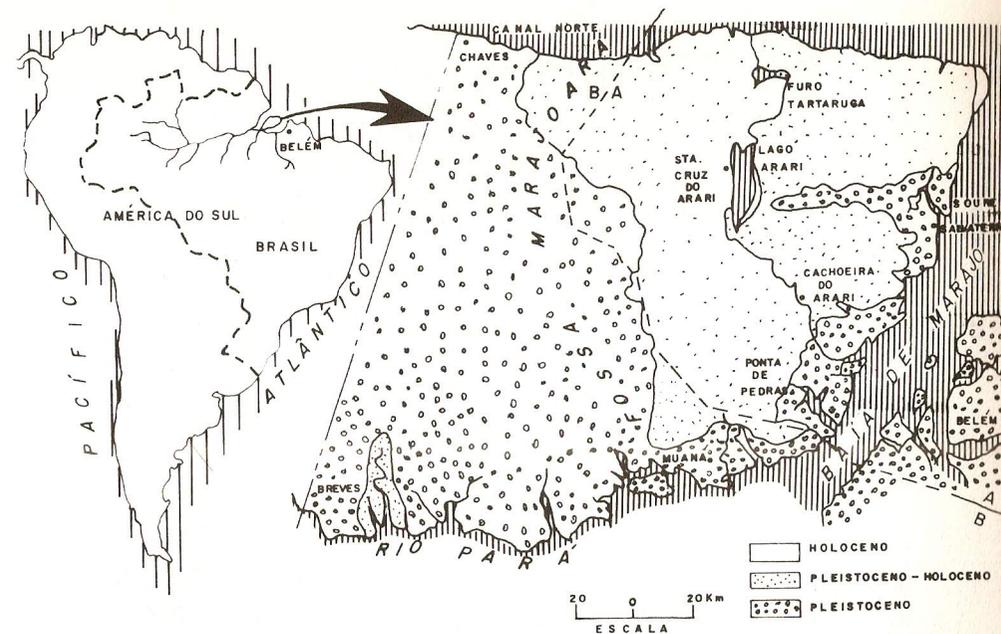


FIG. 1 - SITUAÇÃO E ESBOÇO GEOLÓGICO DA PORÇÃO ORIENTAL DA ILHA DE MARAJÓ

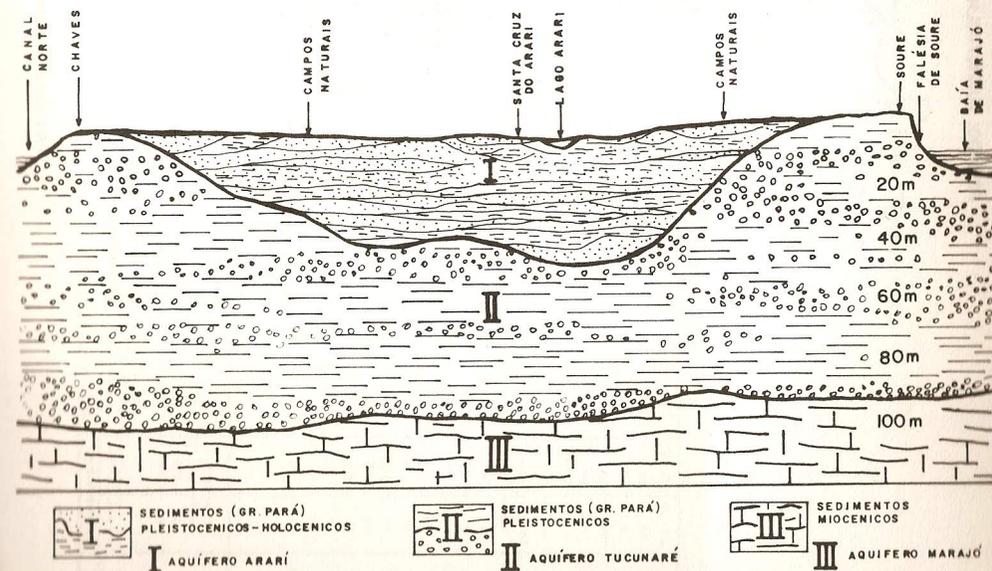
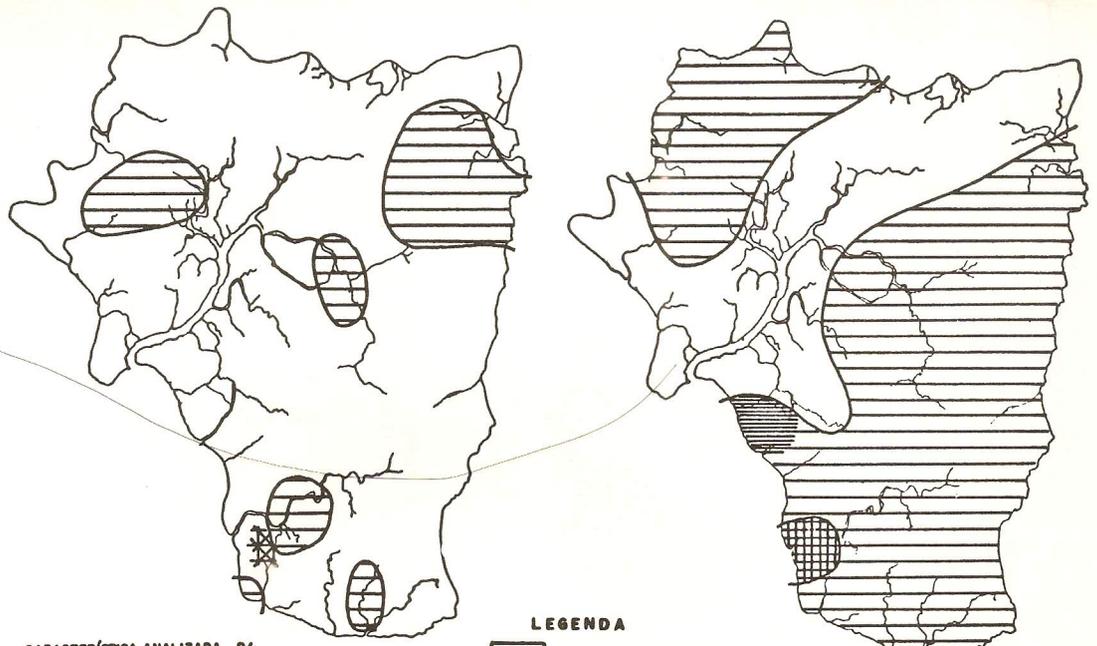


FIG. 2 - SEÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA E IDEALIZAÇÃO DOS SISTEMAS AQUIFEROS



CARACTERÍSTICA ANALIZADA P/ USO NA AGRICULTURA

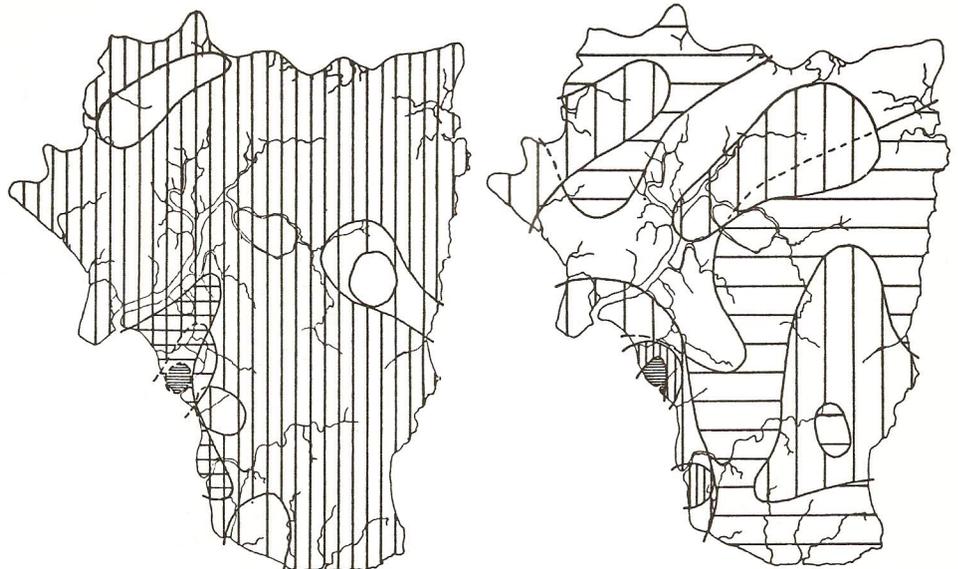
T°C(água)/T°C(ar)
 Dureza
 pH
 $\% Na = (Na + K) 100 / Ca + Mg + Na + K$
 Na / Ca
 $SAR = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{1/2}$
 CONDUTIVIDADE

LEGENDA

- EXCELENTE
- PASSÁVEL. NECESSÁRIO CORRIGIR ACIDEZ (pH < 5.0)
- PASSÁVEL. NECESSÁRIO CORRIGIR DUREZA
- MÁ. (pH < 5.0; Água dura)
- PÉSSIMA (pH < 5.0; Água muito dura; COND. > 750 umhos/cm.

FIG.3 - QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS RASAS DE PONTA DE PEDRAS PARA IRRIGAÇÃO.

CARACTERÍSTICAS	Org. Mundial de Saúde		PONTA DE PEDRAS (MÁXIMOS)			
	Permanente	Excessivo	PIEZÔMETROS		POÇOS	
			JUN/JUL 1977	OUTUBRO 1977		
FÍSICAS						
Turbidez	5	25			150(PP01)	
Cor	5	50			20(PP01)	
Odor ou cheiro	Inobjetivo				PE01, PE03	
Sabor	Inobjetivo					
QUÍMICAS						
Manganês (em Mn)	0.1	0.5		0.15		
Chumbo (em Pb)	0.1	—				
Cobre	1.0	3.5				
Zinco	5.0	15.0				
Ferro (em Fe)	0.3	1.0	4.0	3.2	1.0(PP01)	
Magnésio (em Mg)	5.0	15.0	13.31	40.2	6.4(PP01)	
Arsênio (em As)	0.2	—			0.07(PE07)	
Selênio (em Se)	0.05	—				
Cromo (hexavalente)	—	—				
Fluor (F)	—	—				
Cloratos (Cl)	200	600	202.8	607.9		
Composto de fosf.	0.002	0.002				
Sulfatos	200	400	14.4	26.7		
Dureza (CaCO ₃)	—	—				
Cloro livre	—	—				
Nitrogênio nítrico	—	50				
Sólidos totais	500	1500				
Cianetos (em CN)	0.01	—				
Cálcio (em Ca)	75	200	15.21	14.4		
pH	7.0 - 8.5	< 6.5 > 8.2	6.7	6.0		



LEGENDA (JUNHO/JULHO 1977)

- PASSÁVEL
pH > 6.5 e Fe < 1.0
- PASSÁVEL
pH < 6.5 e Fe < 1.0
- PASSÁVEL
pH > 6.5 e Fe > 1.0
- MAU
pH < 6.5 e Fe > 1.0
- MAU
pH > 6.5, Fe > 1.0 e Mg > 10.0
- MAU
pH < 6.5, Fe > 1.0 e Mg > 10.0
- MAU
pH > 6.5, Fe > 1.0, Mg > 10.0 e Cl > 200.0

LEGENDA (OUTUBRO 1977)

- PASSÁVEL
pH > 6.5 e Fe < 1.0
- MAU
pH < 6.0 e Fe < 1.0
- PÉSSIMA
pH < 5.3, Fe > 1.0 e Mg > 10.0
- PÉSSIMA
pH < 5.3, Fe > 1.0, Mg > 15.0 e Cl > 600.0

Fig.4 - Qualidade das águas subterrâneas rasas de Ponta de Pedras p/ uso humano.

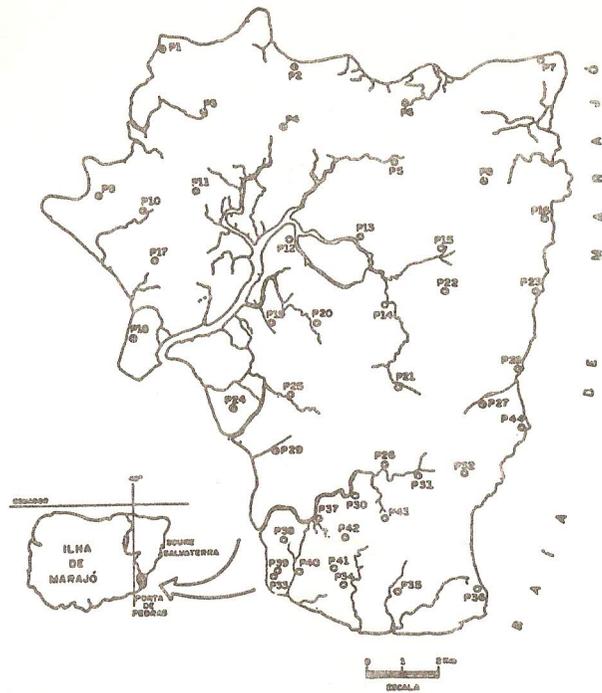


FIG. 5 - SITUAÇÃO DA ÁREA E LOCALIZAÇÃO DOS PIEZÔMETROS

	VALORES ENCONTRADOS			DATA DA COLETA	OBSERVAÇÕES
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIO		
Cl ⁻	4,4	P ₁₁ 609,7	P ₂₄	OUTUBRO 1977	
SO ₄ ⁻²	2,0	P ₂ 14,4	P ₆	JUN/JUL 1977	
HCO ₃ ⁻	0,0	P ₆ 42,7	P ₂ P ₁₀	JUN/JUL 1977	
CO ₃ ⁻²		0,0			TODAS AMOSTRAS ANALIZADAS
NO ₃ ⁻		<0,5			BASTANTE BAIXO
NO ₂ ⁻		<0,05			BASTANTE BAIXO-AUSENTE NA MAIORIA DAS AMOSTRAS
SiO ₂			10,4		RELATIVAMENTE BAIXO EMBORA OS SEDIMENTOS SEJAM SILICÁTICOS
Na ⁺	1,5	P ₄₁ 265,0	P ₂₄	JUN/JUL 1977	
K ⁺	2,0	P ₂₁ P ₃₄ 280,0	P ₂₄	OUTUBRO 1977	
Ca ⁺⁺		16,4	P ₃₉	OUTUBRO 1977	RELATIVAMENTE BAIXO
Mg ⁺⁺		40,2	P ₂₄	OUTUBRO 1977	RELATIVAMENTE BAIXO
Fe		4,0			RELATIVAMENTE ALTO
DUREZA (CaCO ₃)	3,0	70,0	P ₃₀	JUN/JUL 1977	ÁGUAS MOLES PREDOMINANTEMENTE
CONDUTIVIDADE μmhos/cm	14	2000		OUTUBRO 1977	CONDUTIVIDADE MÁXIMA NA BACIA DO RIO TIJUCAQUARA
pH	3,7	P ₆ 6,7			SEMPRE ÁCIDAS

QUADRO 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS PRINCIPAIS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS RASAS DE PONTA DE PEDRAS.

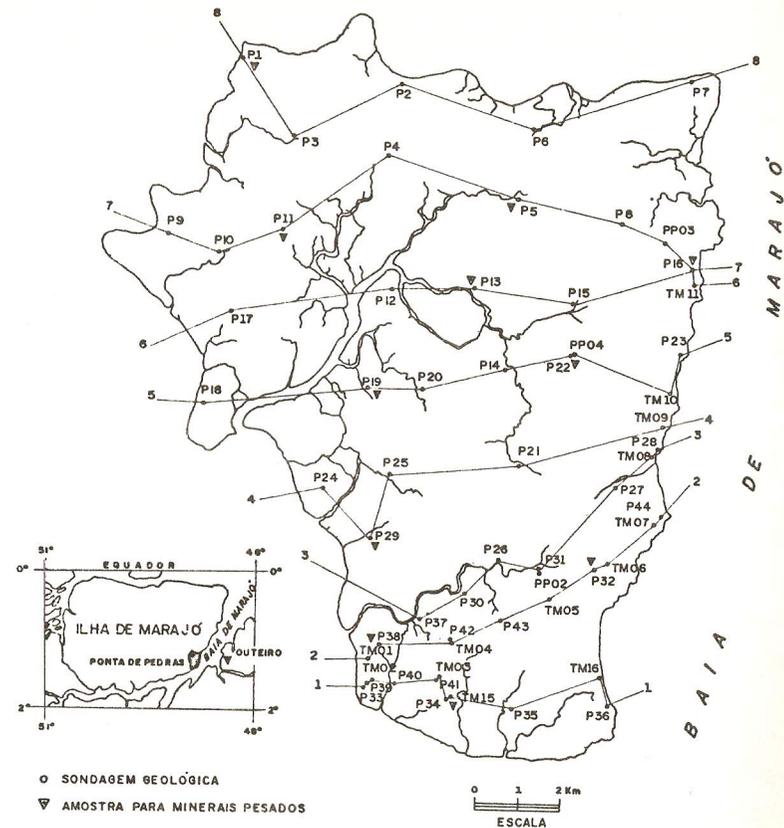


Figura 6 - SITUAÇÃO DA ÁREA, LOCALIZAÇÃO DAS SONDAJENS GEOLÓGICAS E DAS AMOSTRAS

FREQUENCIA PORCENTUAL DOS MINERAIS PESADOS TRANSPARENTES E NÃO MICÁCEOS (FRAÇÃO 0,250 0,125 mm)

AMOSTRAS DE OUTEIRO						
	T	EST	C	AND	Z	R
1	50	25	20	-	4	1
2	47	29	17	-	6	1
3	35	33	16	13	2	1
4	42	38	7	10	2	1
5	38	26	12	13	8	3
6	23	38	20	11	7	1
7	31	40	7	10	7	5

AMOSTRAS DE PONTA DE PEDRA, ILHA DE MARAJÓ						
	T	EST	C	AND	Z	R
P01	31	42	12	10	3	2
P05	17	63	11	5	5	1
P11	50	25	15	4	4	2
P13	40	30	13	5	10	2
P16	20	60	10	4	5	1
P19	50	25	16	4	3	2
P22	25	45	20	6	3	1
P29	23	48	18	7	3	1
P32	22	51	15	8	3	1
P38	23	52	13	8	3	1
TM 15	30	45	15	7	1	1

T: TURMALINA
EST: ESTAUROLITA
C: CIANITA

AND: ANDALUZITA
Z: ZIRCON
R: RUTILO

Title: PRELIMINARY ASPECTS CONCERNING THE COMPREHENSION OF THE SHALLOW
GROUNDWATER IN THE ORIENTAL PORTION OF THE "ILHA DE MARAJÓ"

Author: Jacyro Piuci*

ABSTRACT

Despite its richness in water resources, the oriental portion of the "Ilha de Marajó" needs a better knowledge of the way of occurrence, the chemical quality and the exploration of its ground water resources. Three main aquifers can be distinguished: "Tucunaré", "Arari" and "Marajó". These aquifers are capable to supply the present and future demand of water for public and private purposes. Nonetheless the water shows some restrictions concerning its chemical quality depending on the different types of uses, making necessary a detailed knowledge of it in order to improve the social development and the economic activity. The large number of technical works, in spite of its high-level quality and surprising diversification can not handle properly the needs of the population.

* Geólogo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, São Paulo, SP.