

O SISTEMA Aqüífero JANAÍNA

Alexandre Guedes Junior¹

RESUMO - Com a crescente demanda por água no mundo e contaminação de rios e lagos, as águas subterrâneas têm se tornado cada vez mais destacadas, como no caso do Aqüífero Guaraní, considerada a principal reserva subterrânea de água doce da América do Sul e um dos maiores sistemas aqüíferos do mundo. Os aqüíferos costeiros brasileiros também são extremamente importantes possibilitando o crescimento de muitas cidades litorâneas, especialmente no sul do Brasil, pois estes mananciais apresentam água de excelente qualidade, com baixo custo de captação. Uma análise em escala continental, permite observar que estes mananciais subterrâneos ocorrem repetidamente ao longo de toda costa atlântica sul – americana. Neste sentido, este trabalho propõe divulgar de maneira acessível ao público, utilizando um termo de fácil assimilação – “Sistema Aqüífero Janaína” os aqüíferos costeiros da costa leste – norte da América do Sul de modo a estimular novos trabalhos de pesquisa, Leis de ordenamento do solo que levem em conta a fragilidade destes mananciais e que o acesso facilitado a esta informação permita a proteção e uso racional das águas subterrâneas nestes ambientes. O Sistema Aqüífero Janaína corresponde a “Província Costeira” do Mapa Hidrogeológico do Brasil (CPRM, 1983) e do Mapa Hidrogeológico da América do Sul (UNESCO et al., 1996), cuja característica principal é de serem depósitos sedimentares bastante homogêneos, compostos quase que exclusivamente por grãos de quartzo, tamanho: areia fina a média, que formam acumulações espessas, alcançando grandes profundidades. Possuem alta permeabilidade, nível freático com poucos metros de profundidade e excelente qualidade de água.

¹ Geólogo M. S., Professor Pesquisador do Grupo de Estudos em Águas Subterrâneas – GREAS – CTTMar – Univali – Itajaí – SC - alexguedes@cttmar.univali.br

ABSTRACT - With the increasing demand for water in the world and contamination of rivers and lakes, importance the groundwaters if have become each time more, as in the case of the Guaraní Aquifer, considered the main groundwater reserve of South America and one of the largest groundwater systems of the world. The coastal Brazilians aquifers also are extremely important making possible the growth of many littoral cities, especially in the south of Brazil, therefore these sources present water of excellent quality, with low cost of exploration. An analysis in continental scale, allows to observe that these groundwater sources occur throughout all south american atlantic coast. In this direction, this work considers to divulge in accessible way to the public, using a term of easy assimilation - Janaína Aquifer System for the coastal ground water occurrences of the east and north coast of the South America in order to stimulate new researches, laws of order of the ground that take in account the fragility of these sources and that the access facilitated to this information allowing the protection and rational use of groundwaters in these environments. The Janaína Aquifer System corresponds to the Coastal Province of the Hydrogeological Map of Brazil (CPRM, 1983) and of the Hydrogeological Map of the South America (UNESCO et al., 1996), whose main characteristic is to be sufficiently homogeneous sedimentary deposits, composites almost that exclusively for quartz grains, size: fine sand the average, that forms thick accumulations, reaching great depths. They possess high permeability, water level with few meters of depth and excellent quality of water.

Palavra-chave: Águas subterrâneas – Aquíferos Costeiros – América do Sul

INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda por água no mundo e a crescente contaminação de rios e lagos, os mananciais subterrâneos tem crescido em importância, sendo cada vez mais destacados. No Brasil, é bastante comentado o Aquífero Guarani, denominação original do geólogo uruguaio *Danilo Anton* em memória do povo indígena Guarani, sendo considerada a principal reserva subterrânea de água doce da América do Sul e um dos maiores sistemas aquíferos do mundo. O Aquífero Guarani já era conhecido de longa data por geólogos e especialmente hidrogeólogos no Brasil, com o nome Aquífero Botucatu, proveniente da Formação Botucatu, correspondendo a rochas sedimentares de origem eólica de idade Mesozóica. Este aquífero, apesar de conhecido de longa data, teve reconhecimento do grande público a partir da denominação: “Aquífero Guarani” e a divulgação de sua extensão e potencial hídrico.

Os aquíferos costeiros brasileiros também são conhecidos de longa data. Denominados apenas de “lençol freático” estes mananciais têm sido captados pela população residente do litoral brasileiro por pequenos poços rudimentares chamados de “ponteiras” ao longo de muitos anos. São pacotes de sedimentos inconsolidados do tipo principal areia, provenientes de processos marinho – costeiros, concomitantes às significativas oscilações do nível do mar ocorridas no Período Geológico Quaternário (Pleistoceno e Holoceno) que possuem grande capacidade de armazenamento e transmissão de água. A existência destes aquíferos permitiu o crescimento de muitas cidades litorâneas, especialmente no sul do Brasil, pois são aquíferos livres, de nível freático bastante superficial que apresentam água de excelente qualidade, com baixo custo de captação, facilitando captações individuais, independente da presença de uma empresa concessionária de água. Um exemplo é a Ilha de Santa Catarina, parte insular do Estado homônimo. Neste local, a expansão urbana e o turismo na maior parte da ilha só foi possível graças a existência destes mananciais.

Uma análise em escala continental permite observar que estes mananciais subterrâneos ocorrem repetidamente ao longo da costa atlântica sul – americana e não só no sul do Brasil. Ainda assim, estudos versando sobre o comportamento hidrogeológico da costa atlântica sul – americana são raros, resumindo-se a estudos locais, quando existentes. O resultado disto é que o potencial destes mananciais é desconhecido pela maioria da população e mesmo ignorado pelo meio técnico, sendo superexplorados e contaminados indiscriminadamente. Neste sentido, busca-se com este trabalho divulgar de maneira acessível, os princípios geológicos e hidrogeológicos da ocorrência da água subterrânea nos aquíferos costeiros da costa leste – norte da América do Sul de modo a estimular novos trabalhos de pesquisa, Leis de ordenamento do solo, que leve em conta a fragilidade destes mananciais e que o acesso facilitado a esta informação permita a proteção e uso racional das águas subterrâneas nestes ambientes.

Para que este objetivo tenha êxito, propõe-se a utilização de um termo de fácil assimilação – “Sistema Aquífero Janaína”, para caracterizar estes aquíferos costeiros, provenientes de depósitos arenosos quaternários que configuram-se como um verdadeiro Patrimônio Nacional (90% da ocorrência está em solo brasileiro) ou mesmo Patrimônio da Humanidade.

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E GEOLÓGICOS

A faixa costeira atlântica sul – americana, na sua porção leste, com relação ao quaternário, caracteriza-se principalmente pela ocorrência de cordões de dunas, planícies arenosas e lagunas, típico de sistemas do tipo “laguna – barreira”, passando para planícies dominadas por marés de grande amplitude no norte. Esta morfologia da faixa costeira pode alcançar mais de 100 km de largura, como no Rio Grande do Sul e desaparecer em outras partes (TOMAZELLI, **et al.** 1985). É limitada pelo oceano atlântico à leste e à oeste por relevos destacados, como as serras do Mar e Geral no sul e o Grupo Barreiras, principalmente no norte e nordeste do Brasil. A formação dos depósitos sedimentares é direta ou indiretamente relacionada às variações climáticas e alterações no nível do mar na costa que ocorreram durante o Período Quaternário (MARTINS, 1987).

A costa brasileira com cerca de 7.367 km de linha de costa, sem levar em conta os recortes litorâneos, como baías e reentrâncias (MMA, 1996), pode ser dividida cinco setores (SILVEIRA, 1964 **apud** VILLWOCK, 1994): Norte, Nordeste Leste, Sudeste e Sul, cujo relevo da costa mostra uma sucessão de falésias e costões rochosos, alternando-se com extensas planícies sedimentares de idade terciária / quaternária; acumuladas em processos continentais, transicionais e marinhos.

A costa sul, cujo padrão de largas e extensas planícies costeiras se inicia na verdade nas margens do rio da Prata no Uruguai, vai até o Cabo de Santa Marta e apresenta ampla planície com aproximadamente 1370 km de comprimento e um máximo de 120 km de largura, no Rio Grande do Sul (JACKSON, 1985). É característica importante deste setor a pequena amplitude das marés (micromarés de amplitude inferior a 2 metros) e a grande atividade das ondas. A geomorfologia mostra uma sucessão de barreiras e planícies arenosas que aprisionam lagunas em um sistema típico “laguna – barreira” (MARTIN **et al.**, 1988).

Conforme MARTIN **et al.** **op cit.**, VILLWOCK **et. al.**, 1986, CARUSO Jr, 1987, a faixa litorânea quaternária do sul do Brasil pode ser agrupada em dois tipos de sistemas: O sistema de “Leques Aluviais”, relacionados aos processos de intemperismo e erosão continentais e, o sistema do tipo “Laguna – Barreira”, relacionado diretamente aos processos de sedimentação marinho costeiros.

O sistema de leques aluviais engloba sedimentos clásticos próximos das encostas de morros (embasamento cristalino), formando depósitos típicos de “Talus”, podendo ou não ter sofrido retrabalhamento fluvial. Estes depósitos são sobrepostos por sedimentos do sistema “Laguna –

Barreira” que são por sua vez compostos por areias de origem marinha praial, areias finas eólicas (dunas) e localmente por sedimentos finos, lagunares, podendo neste caso ocorrer depósitos orgânicos do tipo: turfas. Estes dois sistemas podem ser ainda subdivididos segundo o ambiente deposicional, a idade e formas do relevo (GIANINI & SUGUIO, 1994).

A partir do Cabo de Santa Marta, ocorre o setor da costa sudeste que vai até Cabo Frio. Neste setor a Serra do Mar apresenta-se bastante próxima da linha de costa, sendo a ocorrência de largas planícies arenosas mais limitadas, com a morfologia do terreno apresentando morros e promontórios adentrando o Oceano Atlântico. Os sedimentos quaternários ficam restritos as planícies que entremeiam o relevo montanhoso, representados por múltiplos sistemas tipo “laguna – barreira” ou cordões litorâneos regressivos (MARTIN *et al.*, 1991).

A partir do Estado do Espírito Santo inicia a costa leste ou oriental, com o Grupo Barreiras de idade terciária mostrando falésias arenosas compactas, próximas da linha de costa, servindo de anteparo para a sedimentação marinho – praial, enquanto os costões rochosos representando o embasamento cristalino, desaparecem a partir da Baía de Vitória. Nos locais onde o Embasamento Cristalino e o Grupo Barreiras ocorrem longe da linha de costa, ocorrem expressivas planícies arenosas e campos de dunas, como por exemplo, no entorno da desembocadura dos rios Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul (LANDIM, 1983; ALBINO, 1999). É característico deste setor à amplitude das marés que se situa entre 2 e 4 metros (mesomarés).

A Baía de Todos os Santos, na Bahia, marca o final da costa leste e o início da costa nordeste. Neste setor os sedimentos terciários do Grupo Barreiras encontram-se retrabalhados, dando origem a “tabuleiros costeiros”. Até a Costa do Calcanhar, onde a costa inflete para norte, a característica é de grande destaque das falésias do Grupo Barreiras e franjas de recifes. Nas imediações dos principais rios desenvolvem-se sistemas “laguna – barreira” e campos de dunas, como na foz do Rio São Francisco. Após a Costa do Calcanhar destacam-se mais os sistemas “laguna – barreira” de pequena envergadura e estuários com manguezais além de extensas planícies cobertas por dunas, como nos “Lençóis Maranhenses” (VILLWOCK 1994).

A costa norte, também chamada de Litoral Amazônico ou Equatorial inicia na Baía de São Marcos, no Maranhão. Neste setor ocorrem as macromarés (marés com amplitudes maiores que 4 metros) sobre extensas planícies de maré lamosas com grande desenvolvimento de manguezais e pântanos costeiros, em uma típica costa deposicional dominada por marés que recebe a lama amazônica que a Corrente Equatorial Brasileira direciona para norte. No complexo deltaico – estuarino do Rio Amazonas desenvolvem-se planícies alagadas e um grande número de ilhas que constituem o Arquipélago Marajoara (VILLWOCK *op cit.*).

O SISTEMA Aqüífero Janaína

O Sistema Aqüífero Janaína corresponde à “Província Costeira” do Mapa Hidrogeológico do Brasil (CPRM, 1983) e do Mapa Hidrogeológico da América do Sul (UNESCO et al., 1996), cuja característica principal é de serem depósitos sedimentares bastante homogêneos, compostos quase que exclusivamente por grãos de quartzo, tamanho: areia fina a média, que formam acumulações espessas, alcançando grandes profundidades, de alta permeabilidade, nível freático com poucos metros de profundidade e excelente qualidade de água. São decorrentes principalmente de processos marinho - praias e eólicos pleistocênicos e principalmente holocênicos que ocorreram ao longo de toda costa atlântica sul-americana.

O termo “sistema”, busca representar o padrão sistemático e descontínuo de ocorrência destes aqüíferos, enquanto o termo “Janaína”, que significa: rainha do mar, protetora das mães e das esposas e é designado para representar de maneira acessível, de fácil assimilação, o conjunto de aqüíferos sedimentares quaternários da costa atlântica da América do Sul. Desta forma, o Sistema Aqüífero Janaína engloba os aqüíferos sedimentares da costa atlântica da América do Sul desde as margens do Rio da Prata, no Uruguai ao sul, passando pela costa brasileira, Guianas, Venezuela, chegando até a Colômbia, de maneira descontínua (Figura 1). As melhores ocorrências estão no Brasil no setor sul, e norte/nordeste, podendo-se estimar que 90% do sistema aqüífero está em território brasileiro. O sudeste brasileiro mostra ocorrências localizadas, porém igualmente importantes, enquanto o nordeste as ocorrências são limitadas pela predominância do relevo de falésias do Grupo Barreiras. O relevo onde ocorre o sistema aqüífero é característico plano, ondulado (quando da ocorrência de dunas) arenoso, coberto por vegetação rasteira ou de pequeno porte.

Assim como “Janaína” não é vista pelos olhos humanos, a água dos aqüíferos costeiros esconde-se por entre os grãos de areia e não mostra em princípio sua real grandeza e importância. Contudo, o Sistema Aqüífero Janaína apresenta excelentes características para o desenvolvimento de água subterrânea, como a alta taxa de recarga (na costa ocorrem boas taxas de precipitação), boa permeabilidade, condutividade hidráulica e qualidade das águas para consumo.

A proximidade direta com o Oceano Atlântico e a ocorrência de barreiras naturais, como a Serra do Mar que muitas vezes levam as massas de ar quase saturadas a descarregarem grande parte de sua umidade sobre a costa, garante uma taxa de precipitação anual em torno de 1200 mm a 1600mm, podendo chegar a 2400 mm no norte brasileiro e nas Guianas.

A ocorrência de camadas confinantes para a água subterrânea neste sistema é bastante limitada, classificando-se este aqüífero como livre, freático. As camadas de solo sobre estes depósitos também são desprezíveis e pode-se dizer que toda a área de ocorrência do Sistema Aqüífero Janaína funciona como área de recarga do sistema aqüífero. Este fator, combinado às altas

taxas de precipitações anuais, garante uma recarga direta e relativamente constante ao longo do ano.

O Sistema Aquífero Janaína apresenta depósitos sedimentares bastante semelhantes, em termos de composição, variando mais a sua gênese do que as características sedimentológicas (variam de areias finas a médias). Desta forma, o Sistema Aquífero Janaína, guarda propriedades hidrogeológicas praticamente uniformes em toda sua extensão, sendo um sistema aquífero livre (freático), isótropo e homogêneo. Neste meio, a porosidade refere-se aos espaços ocorrentes entre os grãos de areia. Estes espaços são interconectados ao longo de toda a extensão de ocorrência, o que explica a homogeneidade e isotropia do meio. O nível freático é bastante superficial, sendo aflorante em muitos locais, formando nas depressões pequenos lagos, até mesmo entre as dunas (Figura 2). A velocidade de circulação da água no meio (areia fina a média), cuja constante relativa ao meio geológico é expressa pelo coeficiente de permeabilidade (K), possui valores entre 10^{-3} a 10^{-4} m/s (CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983), sendo relativamente alta. Os depósitos de leques aluviais são bastante limitados espacialmente e de pouca importância hidrogeológica. São depósitos sedimentares heterogêneos compostos por areias grossas, pequenos fragmentos de rocha em uma matriz siltico – argilosa que ocorrem no sul do Brasil derivados de erosão continental ocorrida principalmente no Pleistoceno.

Figura 1. América do Sul e o Sistema Aquífero Janaína em azul (área de ocorrência maximizada do sistema aquífero para melhor visualização – para uma delimitação precisa são necessários mapas em escalas de maior detalhe).



Os depósitos marinho praiais tem origem nas transgressões marinhas e formam os aquíferos mais importantes do Sistema Janaína. São formados por areias finas a médias e podem ser livres ou confinados, ocorrendo geralmente recobertos por depósitos de origem eólica (dunas), podendo entre eles aparecer camadas sedimentares finas (impermeáveis ou com baixa permeabilidade), representando antigos lagos colmatados.

Os depósitos eólicos (dunas) apresentam a composição mais homogênea, sendo compostos basicamente por quartzo, tamanho areia fina. Mostram tipicamente estratificação cruzada, devido à alternância constante na direção dos ventos. Contudo, esta característica, não impede que a água subterrânea distribua-se de maneira homogênea no meio, sendo as dunas o topo de um aquífero livre ou representam o próprio aquífero. Desta forma, os pacotes sedimentares que compõem o sistema aquífero formam um conjunto de aquíferos livres e/ou confinados derivados das oscilações

do nível do mar no quaternário (Figura 3). Nas áreas de desembocaduras de rios, como no Espírito Santo e Amapá, é evidente a contribuição fluvial nos depósitos arenosos do sistema aquífero.

No sul do Brasil e Uruguai, a extensa planície costeira coberta principalmente por sedimentos arenosos de origem marinho – praial e eólicos associados a um regime pluviométrico de cerca de 1.400 mm/ano, configura-se como um sistema aquífero destacado, possibilitando o desenvolvimento de cidades como Tramandaí, Araranguá e Laguna. Os municípios de Balneário Camboriú e Bombinhas, em Santa Catarina representa a situação do crescimento urbano que não levou em conta a ocorrência deste sistema aquífero, sendo alto o risco de contaminação das águas subterrâneas nestes locais.

No setor sudeste da costa brasileira destacam-se ocorrências contínuas, no litoral do Paraná e sul de Santos (litoral sul paulista). O litoral norte paulista mostra ocorrências limitadas pela Serra do Mar e boas ocorrências no Rio de Janeiro.

No setor leste da costa brasileira mostra uma ocorrência expressiva do Sistema Aquífero Janaína na desembocadura do Rio Doce, no Espírito Santo.

No setor nordeste o Sistema Aquífero Janaína aparece como estreitas e contínuas faixas arenosas limitadas pelas falésias do Grupo Barreiras e o Oceano Atlântico, além de expressivos campos de dunas, como no norte de Natal e no Estado do Ceará. Já o setor norte da costa brasileira mostra relevantes ocorrências do Sistema Aquífero Janaína, principalmente no Maranhão, marcadamente nos “Lençóis Maranhenses”, enquanto nos Estados do Amapá e Macapá, o Sistema Aquífero Janaína mostra-se como largas planícies de grande influência da sedimentação fluvial, sendo restrito às camadas arenosas.



Figura 2. Dunas da Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil (Sistema Aquífero Janaína), mostrando pequenos lagos (superfície freática) nas depressões.

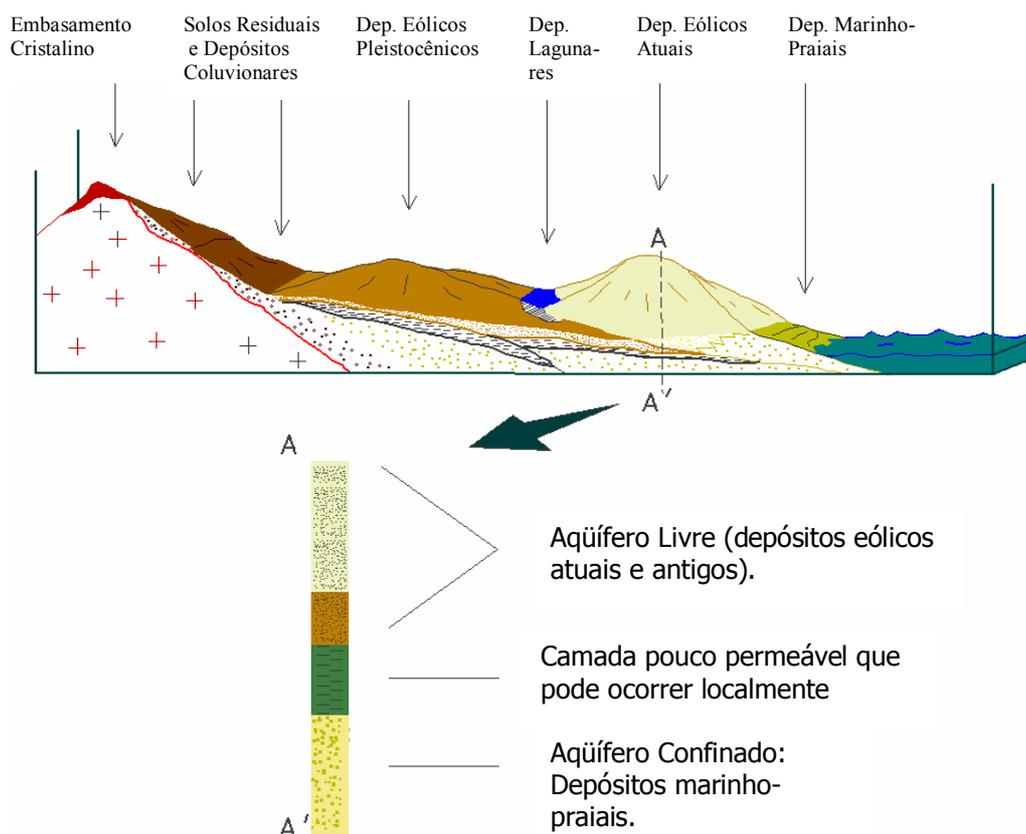


Figura 3. Perfil tipo do Sistema Aquífero Janaína (GUEDES JUNIOR, 1999).

AQUÍFEROS COSTEIROS E OS RISCOS DE CONTAMINAÇÃO

As águas subterrâneas abrangem aproximadamente 97% da água doce do planeta no estado líquido, enquanto que os recursos hídricos superficiais correspondem a apenas 3% (MANOEL FILHO, 1997). Apesar destes números, o fato de rios, lagos e represas serem visíveis aos olhos, faz com que uma maior atenção seja direcionada para estes recursos. Um exemplo disto é a situação que ocorre na costa brasileira: Os aquíferos costeiros brasileiros (Sistema Aquífero Janaína) são formados por camadas sedimentares onde se destacam os sedimentos tamanho areia com grande capacidade de armazenagem e transmissão de água subterrânea. Este tipo de depósito apresenta as seguintes vantagens para captação de água: São fáceis de perfurar ou escavar, o que torna a investigação exploratória mais rápida e menos onerosa e os níveis onde se encontra a água subterrânea são geralmente pouco profundos, possibilitando bombeamentos com pouco recalque. Como situam-se geralmente em regiões de grande recarga, tanto pela presença de rios como pela infiltração de chuvas e possuem porosidade entre 30 e 45%, a condutividade hidráulica é boa, entre 10^{-3} e 10^{-4} m/s (CLEARY, R., 1989), podendo ser considerados como aquíferos extremamente importantes. Contudo, as políticas públicas muitas vezes ignoram a presença destes mananciais. A própria Lei nº 9.433, que organiza o setor de planejamento e gestão, em âmbito nacional para o setor de recursos hídricos e apresenta avanços importantes, como: “*A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento*” e o “*Reconhecimento da água como bem mineral finito e vulnerável*”, praticamente ignora os recursos hídricos subterrâneos, esquecendo que o gerenciamento das águas subterrâneas deve incluir a sua avaliação qualitativa e quantitativa; que é importante a outorga e fiscalização dos direitos de uso destas águas; o controle de qualidade e a adoção de medidas relativas a sua conservação (MACHADO GRANZIERA, 1993).

A realidade é que a exploração criteriosa das águas subterrâneas da costa brasileira e a cuidadosa atenção com respeito a disposição dos efluentes no subsolo, é exceção no Brasil e não a regra. A prática das políticas públicas é de buscar o abastecimento a partir de rios, deixando a água subterrânea ser explorada indiscriminadamente, sem nenhum controle, em épocas de falha no abastecimento, seja por secas prolongadas ou pela expansão urbana desordenada. Ocorre é que água subterrânea em ambientes costeiros, tende a deslocar-se em direção ao oceano, enquanto a água do mar, como é salgada e mais densa que a água doce, penetra no continente por baixo. A pressão de água doce e o contínuo escoamento para o mar conseguem manter a posição de cunha salina em equilíbrio. Entretanto, se for feita a exploração indiscriminada do aquífero costeiro, sem projetar-se a sua real capacidade de vazão, a água doce diminui a sua descarga no mar e a cunha salina começa a avançar em direção ao continente podendo salinizar todo o aquífero (CABRAL, 1997). Casos como este estão se tornando freqüentes em alguns locais do Brasil, como na Praia da Boa Viagem, no Recife, Pernambuco.

Outro problema é a ausência de sistemas de coleta e tratamento de efluentes e a prática de uso de fossas e sumidouros. O Sistema Aquífero Janaína apresenta lenta circulação de águas, comparando-se com os mananciais superficiais, levando um foco contaminante a demorar muito tempo até se manifestar. Contudo, uma vez contaminado o manancial subterrâneo, a lentidão do movimento das águas produz um efeito contrário, ou seja, torna-se muito mais difícil o seu processo de descontaminação, seja ele natural, ou feito pelo homem. Neste caso, a inviabilização do aquífero como fonte de água para consumo humano é praticamente irreversível em um período de tempo razoável (MANOEL FILHO, 1997). Soma-se a este fator a alta permeabilidade e velocidade de circulação da água subterrânea nas areias que é relativamente rápida em relação a outros meios geológicos, carregando os contaminantes por grande distancias

O Sistema Aquífero Janaína possui uma ampla legislação ambiental que restringe a expansão urbana sobre ele, como o código florestal (lei federal nº 4771, de 15/09/1965) e a Resolução nº 04/85 do CONAMA, protegendo as áreas de restingas e dunas. Não havendo ocupação, ou havendo uma urbanização criteriosa sobre o Sistema Aquífero Janaína, com saneamento básico, a água subterrânea teoricamente estaria protegida da contaminação, pois não haveria uma carga contaminante disposta sobre ela. Na prática, isto não acontece. Historicamente o Brasil foi colonizado do litoral para o interior e nunca houve uma preocupação com a questão do saneamento, sendo os depósitos arenosos utilizados como meio de disposição de dejetos. Além de deste fato, há a ocupação ilegal de áreas de proteção ambiental com o esgoto doméstico disposto diretamente no subsolo.

O SISTEMA AQUÍFERO JANAÍNA NA ILHA DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL

A Ilha de Santa Catarina, capital do Estado homônimo, apresenta dois sistemas aquíferos no seu território: O Sistema Aquífero Cristalino Fraturado e o Sistema Aquífero Sedimentos Inconsolidados (GUEDES JUNIOR, 1999). Conforme esta classificação, o Sistema Aquífero Sedimentos Inconsolidados corresponde ao Sistema Aquífero Janaína. São areias que ocorrem em praticamente toda a costa leste da ilha, cujos depósitos possuem um formato alongado, de grande expressão, aproximadamente norte-sul sendo facilmente identificáveis em imagens de satélite. São planícies arenosas e dunas cujo formado alongado norte – sul é devido à presença de ventos do quadrante sul de grande intensidade, principalmente nos meses de inverno. Estes depósitos possuem espessuras que podem atingir profundidades superiores a 80 metros. Segundo GUEDES JUNIOR **op cit.**, estes depósitos formam um conjunto único, interligado, que se sobrepõe em muitos locais, sendo bastante limitadas às camadas impermeáveis que eventualmente possam ocorrer. Neste sentido, o critério utilizado para nomear o Sistema Aquífero Janaína na Ilha de Santa Catarina, foi a geologia / geomorfologia (Figura 4).

A Concessionária de água da ilha possui poços tubulares profundos neste sistema aquífero, explotando uma média de 40.000 l/h em cada poço, o que permite o abastecimento de aproximadamente 4.500 pessoas por poço. É um manancial estratégico e de enorme potencial para abastecimento da Ilha que deve ser valorizado e protegido.

Os resultados do mapeamento hidrogeológico da ilha, permitiram identificar quatro grupos de ocorrências sedimentares que compõe o Sistema Aquífero Janaína que assim são individualizáveis por critérios sedimentológicos apenas, pois todas estão em contato direto formando um sistema aquífero único (Figura 5). A circulação da água subterrânea segue a força da gravidade e movimenta-se por diferença de potencial, partindo do ponto mais alto em direção ao mais baixo, ou seja, o sentido principal do deslocamento da água é do centro da ilha para o mar.

A Ilha de Santa Catarina é também um exemplo de descaso com relação a contaminação do Sistema Aquífero Janaína, ainda que na ilha estes mananciais sejam fundamentais para a população local. Na ilha não existe uma política pública ou esclarecimento à população com relação a importância e fragilidade destes mananciais, com somente 6% do esgoto doméstico coletado e tratado.

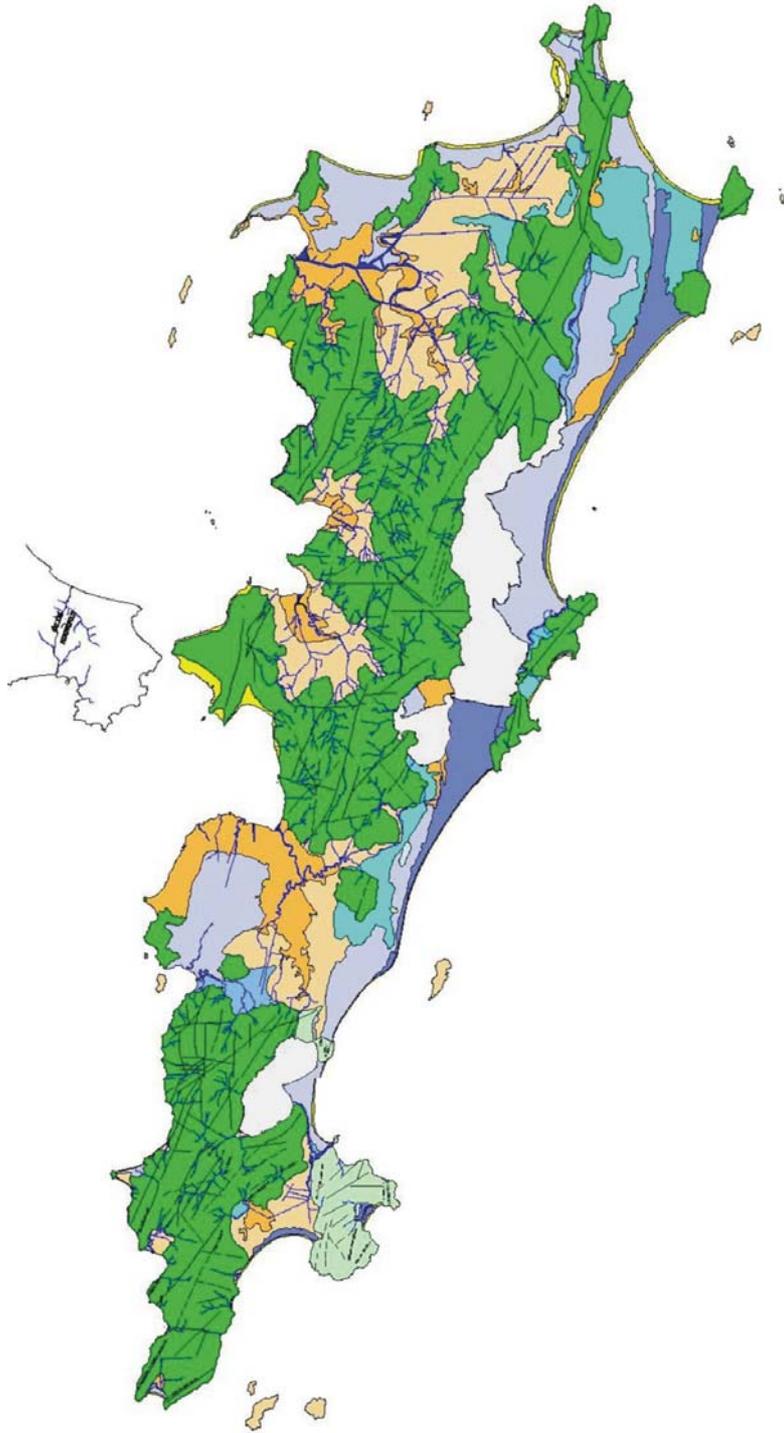


Figura 4. Mapa Hidrogeológico da Ilha de Santa Catarina (GUEDES JUNIOR, 1999). As tonalidades verdes correspondem às rochas (aqüífero fraturado), azul aos sedimentos arenosos (Sistema Aqüífero Janáina) e tonalidades marrom claro e laranja, os sedimentos argilosos, de baixa permeabilidade. Escala aproximada: 1:275.000

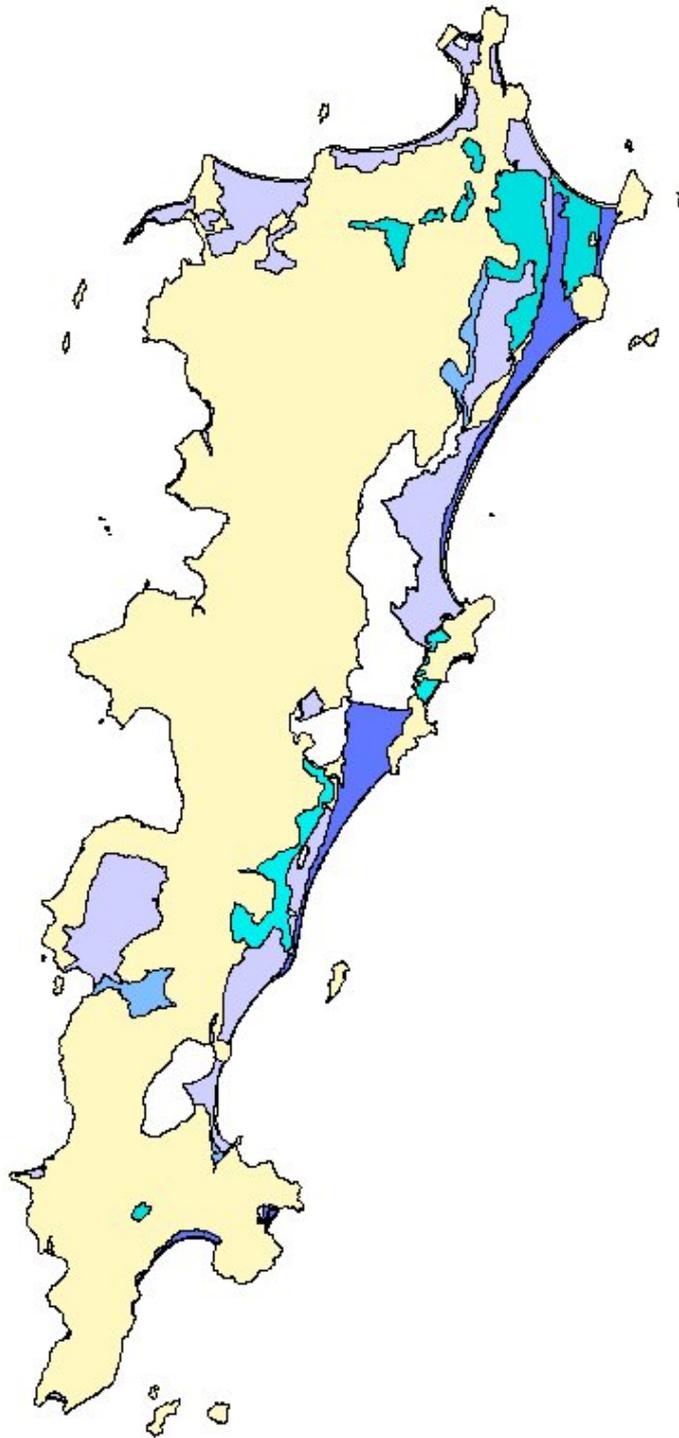


Figura 5. Os quatro grupos do Sistema Aquífero Janaína na ilha: Em azul escuro, as dunas holocênicas (Aquífero Joaquina); em azul médio, depósitos de origem fluvial e leques aluviais retrabalhados em uma nascente da Lagoa da Conceição (Aquífero Conceição); em cian, as dunas pleistocênicas (Aquífero Rio Vermelho) e em azul claro os depósitos marinho – praias (Aquífero Ingleses). Escala aproximada: 1:275.000.

A maioria das habitações da costa sul, leste e norte da ilha utilizam sistemas de saneamento rudimentares, tipo fossas, altamente contaminantes para as águas subterrâneas. Além deste fato, a própria companhia responsável pelo abastecimento de água de Florianópolis, dispõe os efluentes de uma estação de tratamento de esgotos sobre as dunas, com alto risco de contaminação das águas subterrâneas por vírus, bactérias, nitratos e metais pesados (Figura 6).



Figura 6. “Lago” formado pelos efluentes de uma ETE, localizado sobre as dunas, próximo à Lagoa da Conceição – Florianópolis.

CONCLUSÕES

Este trabalho procurou mostrar que o Sistema aquífero Janaína é muito maior do que um “simples lençol freático”, podendo ser considerado Patrimônio Nacional e mesmo Patrimônio da Humanidade. Cerca de 90% do Sistema Aquífero Janaína ocorre em território nacional, recebendo boas taxas de precipitação e recarga direta. Estes fatores, aliados a crescente escassez de água no mundo, credenciam o Sistema Aquífero Janaína com estratégico para a população brasileira e sul-americana, devendo este ser melhor estudado, conhecido, e protegido. Para isto é necessário que a população em geral conheça e valorize este patrimônio que hoje tem sido explorado indiscriminadamente e utilizado como receptor de dejetos domésticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, J., 1999. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga à Povoação, ES. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP, São Paulo.
- BAIRD, A. J. ; HORN, D. P. "Monitoring and Modelling Groudwater Behaviour in Sandy Beaches". *Journal of Coastal Research*. Florida, USA, n. 12, 1996.
- CARUSO JR., FRANCISCO, 1987, Interferências Sobre a Migração de Ilhas-Barreira na Região da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina. I Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Anais pg. 277-298. Porto Alegre, RS.
- CABRAL, J., 1997. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações; Cap. III – Movimento das águas subterrâneas. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Fortaleza, CE.
- CLEARY, ROBERT, 1989. **Engenharia Hidrogeológica**. Ed. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- CPRM / DNPM, 1983. Mapa Hidrogeológico do Brasil. Programa Hidrogeológico Internacional, Brasília, DF.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R., 1983. **Hidrologia Subterrânea**. 2^a. Ed. Ed. Omega. Barcelona.
- GUEDES Jr., ALEXANDRE, 1999. Mapeamento Hidrogeológico da Ilha de Santa Catarina, utilizando geoprocessamento. Dissertação de Mestrado, 114p., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- GUEDES Jr., ALEXANDRE, 2000. The Identification of Ground Water Pollution Risk Areas in Santa Catarina's Island, Brazil, using Geoprocessing Techniques. *International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering – SIDISA 2000, Trento Itália*.
- GUEDES Jr., ALEXANDRE, 2000. Geoprocessing for data storage of Hydrogeology of Santa Catarina's Island, Brazil. *International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering – SIDISA 2000, Trento Itália*.
- FOSTER, S. S. D. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, polution risk and protection strategy. Vulnerability of soil and ground water to pollutants. TNO Commitee on Hidrological Research Information. N. 38.
- FOSTER, S. S. D.; DRASAR, B. S., 1988. *Analisis de Contaminacion de Las Aguas Subterraneas por Sistemas de Saneamiento Basico*. Lima, Peru. Centro Panamericano de Engenharia sanitaria y ciencias del Ambiente - CEPIS.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. 1991. Groundwater pollution risk assessment; a methodology using avaiiable data. WHO-PAHO/CEPIS.
- FREEZE, R. A., CHERRY, J. A., 1979. **Groundwater**. EPrentice Hall Inc. New Jersey, USA.

- GIANINI, P. F., SUGUIO, K. Diferenciação entre gerações de depósitos quaternários na costa centro – sul de Santa Catarina. XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia. Balneário Camboriú, SC
- HIRATA, R.; BASTOS, C. R. A.; ROCHA, G. A. R., 1990. Ground Water Pollution Risk and Vulnerability map of the São Paulo state - Brazil. International Seminar of Pollution, Protection and Control of Ground Water. Porto Alegre, p. 236-246.
- JACKSON, J. M. 1985. Uruguay's Coast. En: Bird, E. C. & Schwarz, M. L. Ed. The World's Coastline. Van Nostrand and Reinhold. Pg. 79-85.
- LANDIM, J. M. D. 1983. Evolução Quaternária da planície costeira associada à foz do Rio Jequitinhonha (BA): Influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos. Dissertação de Mestrado, UFBA, Bahia.
- MACHADO GRANZIERA, M. L., 1993. *Direito de Águas e meio Ambiente*. Editora Ícone, São Paulo, Brasil.
- MANOEL FILHO, J., 1997. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações; Cap. I: Água Subterrânea, Histórico e Importância. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Fortaleza, CE.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K. ; FLEXOR, J. M, AZEVEDO, 1988. Mapa geológico do Quaternário do Estado de Santa Catarina. Texto explicativo e mapas. MME – DNPM. Brasília, DF.
- MARTIN, L.; FLEXOR, J. M.; SUGUIO, K, 1991. Possible changes in the Holocene wind pattern recorded in the southeastern brazilian coast. Boletim do Instituto de Geociências, USP. Pub. Esp. 8:117-131.
- MARTINS, L. R., 1987. Sedimentos Quaternários da Plataforma Continental Brasileira. 1º Congresso ABEQUA, Porto Alegre, RS p. 11-25.
- MENTE, A. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações; Cap. VIII: Cartografia Hidrogeológica (Classificação e Utilização de mapas Hidrogeológicos). CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Fortaleza, CE.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 1996. Macrodiagnóstico da Zona Costeira Brasileira na escala da União. MMA/UFRJ/FUJB/LAGET. Brasília, DF, 280 p.
- SANTOS, VANESSA; SULAMITA, S., 1998. Consulta Nacional sobre a Gestão do Saneamento e do Meio Ambiente Urbano. Relatório Interno com dados da CASAN sobre abastecimento de água e esgoto da Ilha de Santa Catarina. LABCIG-UFSC. Florianópolis.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução a Sedimentologia*. Ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo, SP.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1976. Presença de tubos fósseis de *Callianassa* nas formações quaternárias do litoral paulista e sua utilização na reconstituição paleoambiental. Boletim do Instituto de Geociências, São Paulo, USP/IGEO.

- SUGUIO, K., MARTIN, L. 1987. Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil. Anais, 1º Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira, Cananeio, Academia de Ciências do estado de São Paulo, pg. 1 a 28.
- TOMAZELLI, L. J, VILWOCK, A., LOSS, E. L., DEHNHARDT, A., 1985. Aspectos da geomorfologia costeira da região de Osório-Tramandaí, RS. I Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Porto Alegre, RS.
- UNESCO, 1983. International Legend for Hydrogeological Maps. *UNESCO, Paris*.
- UNESCO, CPRM, DNPM 1996. Mapa Hidrogeológico da América do Sul esc. 1:5.000.000 e texto explicativo. Program Hidrogeológico Internacional. Brasília.
- VASCONCELOS, S. M. S., 1999. Recarga do aquífero dunas / paleodunas, Fortaleza – CE. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, SP.
- VILLWOCK, J. A.; TOMAZELLI, L. J.; LOSS, E. L.; DEHNARDT, E. A.; HORN F., N. O.; BACHI, F. A. & DEHNHARDT, B. A., 1986, Geology of The Rio Grande do Sul Coastal Province. In RABASA, J., ed. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, A. A. Balkema Publishers, Rotterdam.
- VILLWOCK, J. A., 1994. A Costa Brasileira: Geologia e Evolução. Notas técnicas, n. 7. CECO/UFRGS, Porto Alegre, p. 38-49.