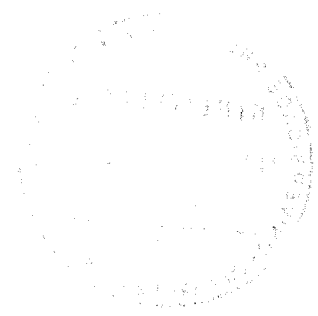


UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS



Vilmar Alves Barbosa

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E OS AQÜÍFEROS DO BRASIL

Juiz de Fora - MG

Julho de 2005

Vilmar Alves Barbosa

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E OS AQUÍFEROS DO BRASIL

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial à obtenção do título de “Tecnólogo em Meio Ambiente”.

Orientadora: Profª. MSc. Ana Maria Stephan

Juiz de Fora - MG

Julho de 2005

Vilmar Alves Barbosa

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E OS AQUÍFEROS DO BRASIL

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial à obtenção do título de “Tecnólogo em Meio Ambiente” e aprovada pela orientadora:



Prof.ª MSc. Ana Maria Stephan (Orientadora)

Universidade Presidente Antônio Carlos

Juiz de Fora - MG

15/07/2005

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais esta conquista;

A minha mãe, meu pai, minha irmã , meus avós,

Minha Primeira professora Lidiane,

Aos meus professores do curso de Tecnologia em Meio Ambiente, todo o apoio e dedicação,
fundamentais para o meu sucesso e amadurecimento intelectual.

Existe no céu uma Pomba Branca, que voa e
pousa, em telhados onde há muito amor e
felicidade, em busca de pequeninas migalhas
de amor e de felicidade, para que possa levar a
telhados vazados pelo ódio e falta de amor.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
INTRODUÇÃO.....	8
1.QUALIDADE DOS AQUIFEROS.....	9
1.1. Generalidades.....	9
1.2. Aquíferos.....	9
1.2.1. Formação dos aquíferos.....	9
1.2.2. Tipos de aquíferos.....	10
1.2.2.1. Aquífero poroso ou sedimentar.....	10
1.2.2.2. Aquífero fraturado ou fissural.....	11
1.2.2.3. Aquífero cárstico.....	11
1.2.3. Localização dos aquíferos.....	11
1.2.3.1. Aquífero livre ou freático.....	11
1.2.3.2. Aquífero confinado ou artesiano.....	12
1.3. Ocorrências e vantagens do uso das águas subterrâneas.....	13
1.4. Uso das águas subterrâneas.....	14
2. FUNÇÃO DOS AQUIFEROS.....	16
2.1. Função de produção.....	16
3. OCORRÊNCIAS DOS AQUIFEROS NO BRASIL.....	18
3.1. Sistemas porosos no país.....	18
3.2. Sistemas fraturados ou fissurados no país.....	20
3.3. Sistema cársticos no país.....	21
4. IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE OS AQUIFEROS.....	22
5. O CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.....	24
6. CONCLUSÃO.....	26
BIBLIOGRAFIA.....	27

RESUMO

As águas subterrâneas constituem uma porção do sistema circulatório de água da terra. O seu aproveitamento tem acompanhado a própria evolução da humanidade. O volume total de água na terra é de $1,6 \text{ km}^3$, estando aí incluída a água de cristalização (230.106 km^3). Do total da reserva de água existente, quase 80% consiste em água subterrânea, parte da qual não está disponível ou não é utilizável por encontra-se a grandes profundidades ou apresentar elevado teor salino.

As águas subterrâneas constituem uma importante fonte de abastecimento de água em todo o mundo, tendo-se verificado, nas últimas décadas, uma grande atividade no aproveitamento desses recursos e, como consequência, tem ocorrido expressivo incremento nos conhecimentos científicos, tecnológicos e legais na área da hidrogeologia, comparativamente maior que em qualquer outra área da hidrologia.

Praticamente todos os países do mundo, desenvolvidos ou não, utilizam água subterrânea para suprir suas necessidades, seja no atendimento total ou apenas suplementar do abastecimento público e de atividades como irrigação, produção de energia, turismo, indústria e etc. Tem sido registrado um crescimento acelerado na utilização das águas subterrâneas e, conseqüentemente, de problemas decorrentes da má utilização dos aquíferos em várias partes do planeta. Problemas estes, com tendência de expansão, caso não sejam implantadas políticas consistentes de uso e conservação dos recursos.

Palavras-chave: Aquíferos, impactos ambientais e CNRH.

INTRODUÇÃO

A água subterrânea no Brasil é utilizada desde o início da colonização, em decorrência da expansão dos colonos portugueses para o interior, principalmente na região de rochas cristalinas, com grandes áreas desprovidas de água em superfície. No Brasil, as águas subterrâneas ocupam diferentes tipos de reservatórios, desde as zonas fraturadas do embasamento cristalino até os depósitos sedimentares cenozóicos. Dessa diversificação, resultaram sistemas aquíferos que, pelo seu comportamento, podem ser reunidos em:

- Sistemas Porosos (Rochas Sedimentares)
- Sistemas Fissurados (Rochas Cristalinas e Cristalofilianas)
- Sistemas Cársticos (Rochas Carbonáticas com Fraturas)

No Brasil, a utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, e as indicações são de que essa tendência deverá continuar. Ao comprovar esse fato temos um crescimento contínuo do número de empresas privadas e órgãos públicos com atuação na pesquisa e captação dos recursos hídricos subterrâneos. Também é crescente o número de pessoas interessadas pelas águas subterrâneas, tanto nos aspectos técnicos-científicos e sócio- econômicos como no administrativo e legal.

As águas subterrâneas, mais do que reservas de água, devem ser consideradas como um meio de sobrevivência dos Homens e animais e acelerar o desenvolvimento econômico e social de regiões extremamente carentes, e do Brasil como um todo. Essa afirmação é apoiada na sua distribuição generalizada, na maior proteção às ações antrópicas e nos reduzidos recursos financeiros exigidos para sua exploração. Conhecer a disponibilidade dos aquíferos e a qualidade de suas águas é primordial ao estabelecimento de uma política de gestão das águas subterrâneas.

O estudo das águas subterrâneas sempre estiveram mais vinculados à investigação geológica que à hidrológica. A hidrogeologia tem sido tratada mais como uma ciência da terra do que da água. Isso se deve, provavelmente, a uma política de utilização das águas voltada quase que exclusivamente para os recursos de superfície e a uma organização gerencial, que separa as águas superficiais das águas subterrâneas.

1. QUALIDADE DOS AQÜÍFEROS

1.1. Generalidades

Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, dos lagos e brejos.

As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada.

Após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos de tempo extremamente variáveis. A porosidade do subsolo, presença de argila no solo diminui sua permeabilidade, não permitindo grandes volumes de infiltração. Um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado. Em terrenos com declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração. Chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem.

Durante a infiltração, uma parcela da água sob a ação da força de adesão ou de capilaridade fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, constituindo a zona não saturada. A outra parcela, sob a ação da gravidade, atinge as zonas mais profundas do subsolo, constituindo a zona saturada.

1.2. Aqüíferos

1.2.1. Formação dos aqüíferos

Aqüífero é uma formação geológica do subsolo, constituída por rochas permeáveis, que armazena água em seus poros ou fraturas.

Outro conceito refere-se a aqüífero como sendo, somente, o material geológico capaz de servir de depositário e de transmissor da água aí armazenada. Assim, uma litologia só será

aquífera se, além de ter seus poros saturados (cheios) de água, permitir a fácil transmissão da água armazenada.

Um aquífero pode ter extensão de poucos quilômetros quadrados a milhares de quilômetros quadrados, ou pode, também, apresentar espessuras de poucos metros a centenas de metros.

1.2.2. Tipos de aquíferos

A litologia do aquífero, ou seja, a sua constituição geológica (porosidade/permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade da água e a sua qualidade como reservatório. Essa litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcáreas), determinando os diferentes tipos de aquíferos.

1.2.2.1. Aquífero poroso ou sedimentar

É aquele formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada. Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas.

Esses aquíferos ocorrem nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumularam sedimentos arenosos. Uma particularidade desse tipo de aquífero é sua porosidade quase sempre homogeneamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção, em função tão somente dos diferenciais de pressão hidrostática ali existente. Essa propriedade é conhecida como isotropia.

1.2.2.2. Aquífero fraturado ou fissural

Formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico, como o basalto, granito, gabro, filões de quartzo, e etc. A capacidade dessas rochas de acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação, permitindo a infiltração e fluxo da água.

Poços perfurados nessas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora, sendo que a possibilidade de se ter um poço produtivo dependerá, tão somente, desse poço interceptar fraturas capazes de conduzir a água.

Nesses aquíferos, a água só pode fluir onde houver fraturas, que, quase sempre, tendem a ter orientações preferenciais. São ditos, portanto, aquíferos anisotrópicos. Um caso particular de aquífero fraturado é representado pelos derrames de rochas vulcânicas basálticas, das grandes bacias sedimentares brasileiras.

1.2.2.3. Aquífero cárstico

Formado em rochas calcárias ou carbonáticas, onde a circulação da água se faz nas fraturas e outras discontinuidades (diáclases) que resultaram da dissolução do carbonato pela água. Essas aberturas podem atingir grandes dimensões, criando, nesse caso, verdadeiros rios subterrâneos. São aquíferos heterogêneos, descontínuos, com águas duras, com fluxo em canais. As rochas são os calcários, dolomitos e mármore.

1.2.3. Localização dos aquíferos

1.2.3.1. Aquífero livre ou freático

É aquele constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, limitado na base por uma camada impermeável.

A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente. Os aquíferos livres possuem recarga direta, e o nível da

água varia segundo a quantidade de chuva. São os mais comuns e mais explorados pela população e conseqüentemente apresentam maiores problemas de contaminação.

1.2.3.2. Aquífero confinado ou artesiano

É aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis.

A pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera.

O seu reabastecimento ou recarga, através das chuvas, dá-se preferencialmente nos locais onde a formação aflora à superfície. Neles, o nível da água encontra-se sob pressão, podendo causar artesianismo nos poços que captam suas águas. Os aquíferos confinados têm a chamada recarga indireta e quase sempre estão em locais onde ocorrem rochas sedimentares profundas (bacias sedimentares).

O aquífero semiconfinado que é aquele que se encontra limitado na base, no topo, ou em ambos, por camadas cuja permeabilidade é menor do que a do aquífero em si. O fluxo preferencial da água se dá ao longo da camada aquífera. Secundariamente, esse fluxo se dá através das camadas semiconfinantes, à medida que haja uma diferença de pressão hidrostática entre a camada aquífera e as camadas subjacentes ou sobre-jacentes. Em certas circunstâncias, um aquífero livre poderá ser abastecido por água oriunda de camadas semi-confinadas subjacentes, ou vice-versa. Zonas de fraturas ou falhas geológicas poderão, também, constituir-se em pontos de fuga ou recarga da água da camada confinada.

Em uma perfuração de um aquífero confinado, a água subirá acima do teto do aquífero, devido à pressão exercida pelo peso das camadas confinantes sobre-jacentes. A altura a que a água sobe chama-se nível potenciométrico e o furo é artesiano. Numa perfuração de um aquífero livre, o nível da água não varia porque corresponde ao nível da água no aquífero, isto é, a água está à mesma pressão que a pressão atmosférica. O nível da água é designado então de nível freático.

1.3. Ocorrências e vantagens do uso das águas subterrâneas

Durante o percurso no qual a água percola entre os poros do subsolo e das rochas, ocorre à depuração da mesma através de uma série de processos físico-químicos (troca iônica, decaimento radioativo, remoção de sólidos em suspensão, neutralização de pH em meio poroso, entre outros) e bacteriológicos (eliminação de microorganismos devido à ausência de nutrientes e oxigênio que os viabilizem) que agindo sobre a água, modificam as suas características adquiridas anteriormente, tornando-a particularmente mais adequada ao consumo humano.

Sendo assim, a composição química da água subterrânea é o resultado combinado da composição da água que adentra o solo e da evolução química influenciada diretamente pelas litologias atravessadas, sendo que o teor de substâncias dissolvidas nas águas subterrâneas vai aumentando à medida que prossegue no seu movimento.

As águas subterrâneas apresentam algumas propriedades que tornam o seu uso mais vantajoso em relação ao das águas dos rios, pois são filtradas e purificadas de forma natural através da percolação gerando excelente qualidade e dispensando tratamentos prévios. Outras vantagens também são consideradas como:

- não ocupação de espaços na superfície;
- sofrem menor influência nas variações climáticas;
- são passíveis de extração perto do local de uso;
- possuem temperatura constante;
- têm maior quantidade de reservas;
- necessitam de custos menores como fonte de água;
- as suas reservas e captações não ocupam área superficial;
- apresentam grande proteção contra agentes poluidores;
- o uso do recurso aumenta a reserva e melhora a qualidade; e
- possibilitam a implantação de projetos de abastecimento à medida da necessidade.

1.4. Uso das águas subterrâneas

A exploração das águas subterrâneas está condicionada a fatores quantitativos, qualitativos e econômicos. Quantidade intimamente ligada à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos. Os aquíferos têm diferentes taxas de recarga, alguns deles se recuperam lentamente e em outros a recuperação é mais regular. A sua qualidade é influenciada pela composição das rochas, condições climáticas e da renovação das mesmas; e em relação a economia depende da profundidade do aquífero e das condições de bombeamento.

Contudo, o aproveitamento das águas subterrâneas data de tempos antigos e sua evolução tem acompanhado a própria evolução da humanidade, sendo que o seu crescente uso se deve ao melhoramento das técnicas de construção de poços e dos métodos de bombeamento. Com isso, permite a extração de água em volumes e profundidades cada vez maiores e possibilitam o suprimento de água a cidades, indústrias, projetos de irrigação e etc. A relação, em termos de demanda quanto ao uso, varia entre os países, e nestes, de região para região, constituindo o abastecimento público, de modo geral, a maior demanda individual.

Segundo pesquisa da UNESCO que estimava em 1992, mais de 50% da população mundial poderia estar sendo abastecida por mananciais subterrâneos.

A expansão das terras agrícolas vem provocando também o uso intensivo das águas subterrâneas, além do uso habitual das fontes superficiais. Existem diversos exemplos no mundo de esgotamento de aquíferos por sob-exploração para uso em irrigação. Avalia-se que existam no mundo 270 milhões de hectares irrigados com água subterrânea.

Vários núcleos urbanos no Brasil abastecem-se de água subterrânea de forma exclusiva ou complementar: indústrias, propriedades rurais, escolas, hospitais e outros estabelecimentos utilizam, com frequência, água de poços profundos. Importantes cidades do país dependem integral ou parcialmente da água subterrânea para abastecimento, como, por exemplo as cidades de Ribeirão Preto (SP), Mossoró e Natal (RN), Maceió (AL), Região Metropolitana de Recife (PE) e Barreiras (BA). No Maranhão, mais de 70% das cidades são abastecidos por águas subterrâneas, e em São Paulo e no Piauí esses percentuais alcança 80%.

As águas subterrâneas termais estimulam o turismo em cidades como Caldas Novas (GO), Araxá e Poços de Caldas (MG). Além disso, atualmente, a água mineral é amplamente usada pelas populações dos centros urbanos, por sua qualidade. Mesmo em casos de elevado

teor salino, como nas áreas de ocorrência dos sistemas aquíferos fissurados do semi-árido nordestino, as águas subterrâneas constituem, não raro, a única fonte de suprimento permanente.

O Censo do ano de 2000 (IBGE, 2003), foi apurado que aproximadamente 61 % da população brasileira é abastecida, para fins domésticos, com água subterrânea, sendo que 6% se auto-abastece das águas de poços rasos, 12% de nascentes ou fontes e 43% de poços profundos. Portanto, o número de poços tubulares em operação no Brasil está estimado em cerca de 300.000, com um número anual de perfurações de aproximadamente 10.000, o que pode ser considerado irrisório diante das necessidades de água potável das populações e se comparado com outros países.

2. FUNÇÃO DOS AQÜÍFEROS

2.1. Função de produção

Além de suprir água suficiente para manter os cursos de águas superficiais estáveis (função de produção), os aquíferos também ajudam a evitar seu transbordamento, absorvendo o excesso da água da chuva intensa (função de regularização).

Os pântanos, habitats importantes para as aves, peixes e outras formas de vida silvestre, nutre-se, normalmente, de água subterrânea, onde o lençol freático aflora à superfície em ritmo constante. Onde há muita exaustão de água subterrânea, o resultado é, freqüentemente, leitos secos de rios e pântanos ressecados. Portanto, os aquíferos podem cumprir as seguintes funções: produção, estocagem, filtragem, ambiental, transporte, estratégica, energética, mantenedora.

A função de produção corresponde à sua função mais tradicional de produção de água para o consumo humano, industrial ou irrigação.

Função de estocagem e regularização, utilização do aquífero para estocar excedentes de água que ocorrem durante as enchentes dos rios, correspondentes à capacidade máxima das estações de tratamento durante os períodos de demanda baixa, ou referentes ao reuso de efluentes domésticos e/ ou industriais.

A função de filtro, corresponde à utilização da capacidade filtrante e de depuração biogeoquímica do maciço natural permeável. Para isso, são implantados poços a distâncias adequadas de rios perenes, lagoas, lagos ou reservatórios, para extrair água naturalmente clarificada e purificada, reduzindo substancialmente os custos dos processos convencionais de tratamento.

A hidrogeologia evoluiu de enfoque naturalista tradicional (década de 40) para hidráulico quantitativo até a década de 60. A partir daí, desenvolveu-se a hidroquímica, em razão da utilização intensa de insumos químicos nas áreas urbanas, indústrias e nas atividades agrícolas. Na década de 80 surgiu a necessidade de uma abordagem multidisciplinar integrada da geohidrologia ambiental.

Em relação a função transporte, o aquífero é utilizado como um sistema de transporte de água entre zonas de recarga artificial ou natural e áreas de extração excessiva.

Na função estratégica, a água contida em um aquífero foi acumulada durante muitos anos ou até séculos e é uma reserva estratégica para épocas de pouca ou nenhuma chuva. O gerenciamento integrado das águas superficiais e subterrâneas de áreas metropolitanas, inclusive mediante práticas de recarga artificial com excedentes da capacidade das estações de tratamento, os quais ocorrem durante os períodos de menor consumo, com infiltração de águas pluviais e esgotos tratados, originam grandes volumes hídricos. Esses poderão ser bombeados para atender o consumo essencial nos picos sazonais de demanda, nos períodos de escassez relativa e em situações de emergência resultantes de acidentes naturais, como avalanches, enchentes e outros tipos de acidentes que reduzem a capacidade do sistema básico de água da metrópole em questão.

A função energética: utiliza-se de água subterrânea aquecida pelo gradiente geotermal como fonte de energia elétrica ou termal.

E finalmente, a mantenedora que mantém o fluxo de base dos rios.

3. OCORRÊNCIAS DOS AQUÍFEROS NO BRASIL

A combinação das estruturas geológicas com fatores geomorfológicos e climáticos do Brasil resultaram na configuração de 10 províncias hidrogeológicas, que são regiões com sistemas aquíferos com condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade de água.

Sendo assim, as águas subterrâneas no Brasil ocupam diferentes tipos de reservatórios, desde as zonas fraturadas do embasamento cristalino (escudo) até os depósitos sedimentares cenozóicos (bacias sedimentares), reunindo-se os três sistemas aquíferos: porosos, fissurados e cársticos.

Os sistemas aquíferos brasileiros armazenam os importantes excedentes hídricos, que alimentam uma das mais extensas redes de rios perenes do mundo, com exceção dos rios temporários, que nascem nos domínios das rochas do embasamento geológico sub-aflorante do semi-árido da região nordeste. Desempenham, ainda, importante papel sócio-econômico, devido à sua potencialidade hídrica.

3.1. Sistemas porosos no país

Formados por rochas sedimentares que ocupam 42% (3,6 milhões de km²) da área total do país e compreendem cinco províncias hidrogeológicas: Amazonas, Paraná, Parnaíba-Maranhão, Centro-Oeste e Costeira.

As suas sub- províncias são: Alagoas/Sergipe; Amapá; Barreirinhas; Ceará/Piauí; Pernambuco; Potiguar; Recôncavo; Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

A estruturação geológica, com alternância de camadas permeáveis e impermeáveis, assegura lhes condição de artesianismo. As Bacias do Paraná, Amazonas, Parnaíba e a Sub-província Potiguar- Recife destacam-se pela extensão e potencialidade.

As Províncias Amazonas e Parnaíba posicionam-se como a segunda e terceira do Brasil, respectivamente, em volume de água armazenado. A pouca evaporação da Província Amazonas, motivada pela elevada umidade do ar e a cobertura florestal, contribui também para uma maior absorção das águas superficiais pelas suas rochas.

A Província Costeira abrange praticamente toda zona costeira do Brasil, excetuando-se as porções dos Estados do Paraná, São Paulo, sul do Rio de Janeiro, norte do Pará, Ilha de Marajó e sudeste do Amapá. Essa província apresenta-se bastante diversificada, por abranger várias bacias sedimentares costeiras, de diferentes constituições e idades geológicas.

Os aquíferos mais importantes são os arenitos cretáceos e terciários nas Bacias Potiguar, Alagoas e Sergipe. Os sistemas aquíferos Dunas e Barreiras são utilizados para abastecimento humano nos Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte.

O Aquífero Açú é intensamente explorado para atender ao abastecimento público, industrial e em projetos de irrigação (fruticultura), na região de Mossoró (RN).

O Aquífero Beberibe é explorado na Região Metropolitana do Recife, por meio de 2.000 poços que atendem condomínios residenciais, hospitais e escolas. Constitui, sem dúvida, a mais importante província hidrogeológica do Brasil, com cerca de 45% das reservas de água subterrânea do território nacional, em função da sua aptidão em armazenar e liberar grandes quantidades de água e pelo fato de se encontrar nas proximidades das regiões relativamente mais povoadas e economicamente mais desenvolvidas do país. Possui o maior volume de água doce em sub-superfície, com reserva estimada de 50.400 km³ de água.

Localizada no centro-leste da América do Sul, com uma superfície total de aproximadamente 1.600.000 km² é considerada também a segunda bacia mais importante da América do Sul, constituindo-se em uma fossa muito profunda, que alcança de 6000 a 7000m, ao longo do seu eixo central que se encontra abaixo do Rio Paraná. Está composta por uma impressionante seqüência de rochas sedimentares, que vão desde o Paleozóico até o Cenozóico (triássicas- jurássicas- cretáceas). A porção que se encontra em território brasileiro perfaz 1.000.000 km² e tem uma espessura máxima de 6.000 m. As formações paleozóicas apresentam baixa permeabilidade e representam sistemas aquíferos pouco produtivos, não sendo muito satisfatórios com respeito à qualidade de suas águas. Entre os aquíferos paleozóicos mais importantes encontram-se os arenitos Furnas, Aquiduaña, Itararé e Rio Bonito. Muito mais importantes são as formações triássicas-jurássicas que se encontram separadas por um pacote basáltico de grande extensão lateral, formando um aquífero de dimensões continentais, o Guarani, composto pelas formações Botucatu e Pirambóia, e que constitui um dos principais sistemas aquíferos da mesma.

A cobertura de basaltos constitui-se num aquífero fraturado - Formação Serra Geral (com mais de 1.500 m de espessura) - que cobre o Aquífero Guarani, de forma a reduzir sua

área de exposição a apenas 10% da área total de distribuição geográfica sub-superficial. A sua extensão original estimada em 4.000.000 km² acha-se reduzida a 1.000.000 km², aflorando de forma praticamente contínua, sobre cerca de 56% dessa área, e, no restante, sendo recoberta pelos sedimentos dos Grupos Bauru/Caiuá (o primeiro localizado no Estado de São Paulo e o segundo, no Estado do Paraná).

A grande importância econômica dos basaltos advém da reconhecida fertilidade dos solos, base de intensa exploração agropecuária característica da região e dos condicionamentos favoráveis (topográficos e geotécnicos) a implantação de hidrelétricas. A sua importância hidrogeológica decorre da relativa explorabilidade das suas zonas aquíferas pelos meios técnicos e financeiros disponíveis.

Os Grupos Bauru/Caiuá, arenitos que cobrem cerca de 315.000 km² da Formação Serra Geral, apresentam uma espessura média de 100 m, que contêm água geralmente de boa qualidade. Devido ao baixo custo de captação, esses dois aquíferos são intensamente explorados. Em 1999 já existiam mais de 16.000 poços tubulares, 2/3 dos quais captando o Aquífero Bauru, de modo a garantir o abastecimento doméstico e parte das demandas de pequenas indústrias da região. Essa condição advém do fato de ser um sistema livre, local e ocasionalmente freático e é submetido a uma abundante recarga. Contudo, essa condição faz com que esse manancial seja potencialmente muito vulnerável aos agentes poluidores provenientes das atividades agro-industriais, principalmente.

Outros importantes aquíferos da Província do Paraná são: Marizal, São Sebastião (com espessura de mais de 3.000 m) e Ilhas (2.500 m).

3.2. Sistemas fraturados ou fissurados no país

Ocupam uma área de cerca de 4,6 milhões de km², correspondente a 53,8% do território nacional. Compreendem as Províncias Hidrogeológicas dos Escudos Setentrional, Central, Oriental e Meridional. As duas primeiras províncias com rochas fraturadas do embasamento apresentam razoáveis possibilidades hídricas, devido aos altos índices pluviométricos da área.

A Província Oriental está dividida em duas sub-províncias (Nordeste e Sudeste). A Província Meridional, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul é de substrato alterado.

Os altos índices pluviométricos da região asseguram a perenização dos rios e contribuem para a recarga dos aquíferos, cujas reservas são, em parte, restituídas à rede hidrográfica.

Esse sistema apresenta reservas de águas subterrâneas da ordem de 10.080 km^3 . As águas são de boa qualidade química, podendo ocorrer localmente teores de ferro acima do permitido. No domínio do embasamento cristalino sub-aflorante, como na Província Hidrogeológica Escudo Oriental do Nordeste onde está localizada a região semi-árida - há pequena disponibilidade hídrica, devido à formação de rochas cristalinas.

É freqüente observar teor elevado de sais nas águas dessa região, o que restringe ou impossibilita seu uso. Nesse domínio sub-aflorante é que nascem os rios temporários.

3.3. Sistemas cársticos no país

Formados pelo sistema cárstico-fissural da Província Hidrogeológica do São Francisco, e pela Formação Jandaíra (sub-província Potiguar). Inclui os domínios do calcário do Grupo Bambuí com mais de 350.000 km^2 nos Estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais e a Formação Caatinga. As profundidades do desenvolvimento cárstico são muito variáveis, com média em torno de 150 m. Enquanto o Bambuí pode fornecer vazões superiores a $200 \text{ m}^3/\text{s}$, o Jandaíra, apresenta vazões muito baixas (geralmente inferiores a $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Outro importante aquífero cárstico é o Pirabas com profundidade média de 220 m e vazão de $135 \text{ m}^3/\text{s}$ e a Formação Capiru do Grupo Açungui, com vazão média $180 \text{ m}^3/\text{s}$ e profundidade média de 60m.

4. IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE OS AQUÍFEROS

A superexploração ou superexploração corresponde à extração de água subterrânea que ultrapassa os limites de produção das reservas reguladoras ou ativas do aquífero, iniciando um processo de rebaixamento do nível potenciométrico que irá provocar danos ao meio ambiente ou para o próprio recurso. Portanto, a água subterrânea pode ser retirada de forma permanente e em volumes constantes, por muitos anos, desde que esteja condicionada a estudos prévios do volume armazenado no subsolo e das condições climáticas e geológicas de reposição.

Além da exaustão do aquífero, a superexploração pode provocar, indução de água contaminada causada pelo deslocamento da pluma de poluição para locais do aquífero; subsidência de solos, definida como "movimento para baixo ou afundamento do solo causado pela perda de suporte subjacente", provocando uma compactação diferenciada do terreno que leva ao colapso das construções civis.

O manancial subterrâneo acha-se relativamente melhor protegido dos agentes de contaminação que afetam rapidamente a qualidade das águas dos rios, na medida em que ocorre sob uma zona não saturada (aquífero livre), ou está protegido por uma camada relativamente pouco permeável (aquífero confinado). Mesmo assim, está sujeito a impactos ambientais.

As contaminações, vulnerabilidades de um aquífero referem-se ao seu grau de proteção natural às possíveis ameaças de contaminação potencial, e depende das características litológicas e hidrogeológicas dos estratos que o separam da fonte de contaminação (geralmente superficial), e dos gradientes hidráulicos que determinam os fluxos e o transporte das substâncias contaminantes através dos sucessivos estratos e dentro do aquífero

A sua contaminação ocorre pela ocupação inadequada de uma área que não considera a sua vulnerabilidade, ou seja, a capacidade do solo em degradar as substâncias tóxicas introduzidas no ambiente, principalmente na zona de recarga dos aquíferos. A contaminação pode se dar por fossas sépticas e negras; infiltração de efluentes industriais; fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais; vazamentos de postos de serviços; por aterros sanitários e lixões; uso indevido de fertilizantes nitrogenados; depósitos de lixo próximos dos poços mal

construídos ou abandonados. Entretanto, a mais perigosa, é a contaminação provocada por produtos químicos, que acarretam danos muitas vezes irreversíveis, causando enormes prejuízos, à medida que impossibilita o uso das águas subterrâneas em grandes áreas.

A maioria dos aquíferos costeiros são suscetíveis à intrusão salina, que geralmente resulta da sobreexploração em poços muito próximos do mar. Algumas das cidades que tiveram problemas de salinização de seus poços são, entre outras: Lima (Peru); Santa Marta (Colômbia); Coro (Venezuela); Rio Grande e Natal (Brasil) e Mar del Plata (Argentina). No caso de Buenos Aires- La Plata, o problema de salinização se deve ao conteúdo de sais de uma formação costeira. O crescimento desordenado do número de poços tem provocado significativos rebaixamentos do nível de água e problemas de intrusão salina em Boa Viagem, no Recife.

O desenvolvimento de poderosas bombas elétricas e a diesel permitiram a capacidade de extrair água dos aquíferos com maior rapidez do que é substituída pela chuva, sem considerar, ainda, que os aquíferos têm diferentes taxas de recarga, alguns com recuperação mais lenta que outros. Calcula-se que a extração anual dos aquíferos é de 160 bilhões de metros cúbicos (160 trilhões de litros) no mundo.

Em quase todos os continentes, muitos dos principais aquíferos estão sendo exauridos com uma rapidez maior do que sua taxa natural de recarga. A mais severa exaustão de água subterrânea ocorre na Índia, China, Estados Unidos, Norte da África e Oriente Médio, causando um déficit hídrico mundial de cerca de 200 bilhões de metros cúbicos por ano.

No Brasil, como não há legislação específica que discipline o uso das águas subterrâneas e coíba a abertura de novos poços, essa franquia de ordem legal tem contribuído para problemas de superexploração. Outro fator que está provocando o comprometimento da qualidade e disponibilidade hídrica dos aquíferos reside na ocupação inadequada de suas áreas de recarga.

A utilização de poços, fontes e vertentes deve ter a orientação de um profissional habilitado nessa área, de modo que o seu uso não comprometa o uso futuro desses recursos (seja por uma possível contaminação ou a exploração de uma vazão superior à admissível), e nem exponha a saúde da população abastecida a possíveis doenças de origem ou veiculação hídrica, devido à utilização de mananciais inadequados ou contaminados.

5. O CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH)

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), criado pela Lei n.º 9.433/97, estabeleceu um arranjo institucional claro e baseado em novos princípios de organização para a gestão compartilhada do uso da água.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) é o órgão mais expressivo da hierarquia do SINGREH, de caráter normativo e deliberativo, com atribuições de: promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacionais, regionais, estaduais e dos setores usuários; deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos; acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos; estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos e para a cobrança pelo seu uso.

Cabe ao Conselho decidir sobre as grandes questões do setor, além de dirimir as contendas de maior vulto. Caberá também ao CNRH decidir sobre a criação de Comitês de Bacias Hidrográficas em rios de domínio da União, baseado em uma análise detalhada da bacia e de suas sub-bacias, de tal forma que haja uma otimização no estabelecimento dessas entidades. Para tanto, estabeleceu, através da Resolução n.º 05 de 10/04/2000, regras mínimas que permitem demonstrar a aceitação, pela sociedade, da real necessidade da criação de Comitês.

O CNRH é composto, conforme estabelecido por lei, por representantes de Ministérios e Secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento ou no uso de recursos hídricos; representantes indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; representantes dos usuários dos recursos hídricos e, representantes das organizações civis de recursos hídricos.

A representação dos usuários ficou definida para os setores de irrigantes, indústrias, concessionárias e autorizadas de geração hidrelétrica, pescadores e lazer e turismo, prestadores de serviço público de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e hidroviários. Dentre as organizações civis de recursos hídricos foram definidas: comitês de bacias hidrográficas, consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas; organizações técnicas e de ensino e pesquisa com interesse na área de recursos hídricos e,

organizações não governamentais com objetivos de defesa de interesses difusos e coletivos da sociedade.

Desde a instalação do CNRH, em novembro de 1998, até o momento já foram aprovadas 35 Resoluções.

O CNRH é o principal fórum de discussão nacional sobre gestão de recursos hídricos, exercendo o papel de agente integrador e articulador das respectivas políticas públicas, particularmente quanto à harmonização do gerenciamento de águas de diferentes domínios.

6. CONCLUSÃO

Os cerca de 200.000 poços tubulares existentes, estão irregularmente distribuídos, com grandes concentrações em algumas áreas urbanas, sendo praticamente inexistentes em extensas áreas. A situação tem se refletido em níveis de conhecimento hidrogeológico, com muito poucas informações sobre os recursos hídricos, existentes em outras regiões. Entretanto, em vários estados, o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos é exercida por diversas secretarias, que agem separadamente, reduzindo em muito a sua eficiência.

O gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos, torna-se necessário o seu conhecimento hidrogeológico detalhado. O intensivo uso das águas subterrâneas, geralmente captadas de formas incorretas, com poços de má qualidade, construído de forma duvidosa e sem qualquer acompanhamento técnico, torna-se uma grande ameaça, as águas dos mananciais, podendo causar um dano irreversível aos aquíferos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGUETTI e outros - Aquífero Guarani, 1996

GARCEZ, L. N. e ALVAREZ G. A. - Hidrologia - Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1988, 2ª Edição.

PINTO, N. L. S. e outros - Hidrologia Básica - Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1976, 2ª Edição.

Sites consultados:

Aquífero guarani: <http://www.águaonline.com.br>>. Acesso em 05, jul. 2005.

Águas subterrâneas: <http://www.tratamentodeágua.com.br> >. Acesso em 05, jul. 2005.

Contaminação das águas subterrâneas: <http://www.confea.org.br>>. Acesso em 05, jul. 2005.

Classificação dos aquíferos: <<http://www.águaonline.com.br>> . Acesso em 05, jul. 2005.