

**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS**

Antônio Mauro Barros de Carvalho

**CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
Poderão estas águas serem utilizadas sem serem destruídas?**

Juiz de Fora - MG

Julho de 2005

Antônio Mauro Barros de Carvalho

**CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
Poderão estas águas serem utilizadas sem serem destruídas?**

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

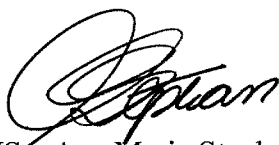
Juiz de Fora - MG

Julho de 2005

Antônio Mauro Barros de Carvalho

**CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
Poderão estas águas serem utilizadas sem serem destruídas?**

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:



Profª MSc. Ana Maria Stephan (Orientadora)

Universidade Presidente Antônio Carlos

Juiz de Fora - MG

08/07/2005

Dedico este trabalho a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos parentes e amigos por saberem compreenderem os momentos de ausência e distância e aos mestres, que em sua maioria, não se limitaram a meros professores.

Água que nasce na fonte serena do mundo e
que abre um profundo grotão.

Água que faz inocente riacho e deságua na
corrente do ribeirão.

Águas escuras dos rios que levam a fertilidade
ao sertão.

Águas que banham aldeias e matam a sede da
população.

Águas que caem das pedras, no véu das
cascatas, ronco de trovão e depois dormem
tranqüilas no leito dos lagos.

Água dos igarapés, onde Iara, mãe d'água, é
misteriosa canção.

Água que o sol evapora, pro céu vai embora,
virar nuvem de algodão.

Gotas de água da chuva, alegre arco-íris sobre
a plantação.

Gotas de água da chuva, tão tristes, são
lágrimas na inundação.

Águas que movem moinhos são as mesmas
águas que encharcam o chão e sempre voltam
humildes para o fundo da terra.

Terra, planeta água. Terra, planeta água.

GUILHERME ARANTES

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
1. AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	12
1.1. Águas Subterrâneas.....	12
1.2. Formação das Águas Subterrâneas.....	12
1.2.1. O Ciclo Hidrológico	12
1.2.2. Tipos de aquíferos e formação geológica.....	14
1.2.2.1. Aquífero cristalino.....	14
1.2.2.2. Aquífero metassedimentar.....	15
1.2.2.3. Aquífero sedimentar.....	16
1.2.2.4. Aquífero cárstico.....	16
1.2.2.5. Aquíferos costeiros.....	17
2. FORMAS DE CAPTAÇÃO ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	19
2.1. Generalidades	19
2.2. Tipos de poços	19
2.2.1. Poços rasos.....	20
2.2.1.1. Poço escavado.....	20
2.2.1.2. Poço a trado.....	21
2.2.1.3. Poço por ponteiros cravadas.....	21
2.2.1.4. Poço radial.....	22
2.2.1.5. Galerias.....	22
2.2.2. Poços profundos.....	23
2.3. Métodos de Perfuração.....	24
2.3.1. Percussão.....	24
2.3.2. Rotativa.....	24
3. O FUNCIONAMENTO DE UM POÇO E A INSTITUIÇÃO DE PERÍMETROS	25
DE PROTEÇÃO.....	
3.1. Como funciona um poço.....	25
3.2. Medidas a serem tomadas antes do uso da água captada.....	26

3.3. Perímetros de proteção das águas subterrâneas.....	26
4. FORMAS DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	28
4.1. Fontes de poluição.....	30
4.1.1. Fontes pontuais de poluição.....	30
4.1.2. Fontes lineares de poluição.....	30
4.1.3. Fontes difusas de poluição.....	30
5. PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA	31
DE CAPTAÇÃO DO AQÜÍFERO GUARANI.....	
5.1.O Aquífero Guarani.....	31
5.1.1.Perfil do Aquífero Guarani a partir da área de recarga.....	34
5.1.2. Mapa esquemático do Aquífero Guarani.....	35
5.2. Viabilidade técnico-econômica de abastecimento de água da Região	36
Metropolitana de São Paulo (RMSP) pelo Aquífero Guarani.....	
5.2.1. Cronograma do Projeto.....	36
5.2.2. O Projeto.....	36
5.2.2.1.Arranjo institucional da execução do Projeto.....	37
5.2.3. O déficit de água da Região Metropolitana de São Paulo.....	38
5.2.4. Perspectivas de captação de água do Aquífero Guarani.....	38
5.2.5. O abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo pelo Aquífero Guarani.....	38
6. CONCLUSÃO.....	40
BIBLIOGRAFIA.....	41

RESUMO

A água subterrânea corresponde à parcela mais lenta do ciclo hidrológico e constitui nossa principal reserva de água, ocorrendo em volumes muito superiores ao disponível na superfície.

Estas águas constituem importantes origens de água efetivas ou potenciais, a nível regional e local, que importa conservar.

Um dos principais problemas existentes na captação de água subterrânea é o risco de deterioração do aquífero em decorrência do volume explorado e do crescimento das fontes de poluição.

O presente trabalho apresenta informações, baseadas em consultas bibliográficas e sites da ANA (Agência Nacional das Águas), sobre os tipos de aquíferos e formação geológica; as mais variadas formas de captação das águas subterrâneas e os cuidados que devem ser tomados bem como informações básicas sobre o aquífero Guarani uma vez que este será abordado em um trabalho experimental sobre Abastecimento de Água na Região metropolitana de São Paulo através do aquífero.

Palavras – chave: águas subterrâneas; poços; métodos de perfuração; Aquífero Guarani.

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas apresentam-se, de um modo geral, de boa qualidade e por isso têm sido utilizada para usos diversos tais como no abastecimento público, industrial, irrigação, calefação e recreação. Entretanto, num cenário de usos crescentes, identifica-se a necessidade de um estudos mais adequado à gestão sustentável desses recursos.

As águas subterrâneas constituem importantes origens de água efetivas ou potenciais, a nível regional e local, que importa conservar. Porém, a qualidade das águas subterrâneas é susceptível de ser afetada pelas atividades sócio-econômicas, designadamente pelos usos e ocupações do solo, em particular pelas áreas urbanas, infra-estruturas e equipamentos, agricultura e zonas verdes.

A contaminação das águas subterrâneas é, na generalidade das situações, persistente, pelo que a recuperação da qualidade destas águas é, em regra, muito lenta e difícil. A proteção das águas subterrâneas constitui, assim, um objetivo estratégico da maior importância, no quadro de um desenvolvimento equilibrado e duradouro.

Um dos principais problemas existentes na captação de água subterrânea e o risco de deterioração do aquífero em decorrência do volume explorado e do crescimento das fontes de poluição pontuais e difusas.

Essa situação exige gerenciamento adequado por parte das esferas do governo federal, estadual e municipal sobre as condições de aproveitamento dos recursos do aquífero.

O presente trabalho, baseado em pesquisas bibliográficas e sites da ANA (Agência Nacional das Águas) objetiva apontar as mais diversas formas de captação das águas subterrâneas e as principais consequências que as mesmas possam sofrer se a sua exploração for realizada de forma inadequada.

No entanto pretende-se:

- classificar as águas subterrâneas termos de formação
- descrever as formas de captação das águas subterrâneas, através de poços
- métodos de perfuração mais usados
- como funciona um poço e o uso dos perímetros de proteção das águas subterrâneas
- forma de contaminação das águas subterrâneas
- principais consequências geradas por águas contaminadas

- estudo de viabilidade técnico-econômico de abastecimento de água pelo aquífero guarani.

Baseando-se nesses objetivos, podemos verificar a importância que se deve dar ao uso das águas subterrâneas e da aplicação de leis mais severas para conseguir assim preservar este recurso.

1. AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

1.1. Águas Subterrâneas

A água subterrânea é a água sub-superficial que se encontra presente abaixo da crosta terrestre. No ciclo hidrológico, a água subterrânea provém da superfície (através da precipitação em lagos, reservatórios, rios, mar, dentre outros) e infiltra-se no subsolo, chegando até o nível freático. O nível freático constitui-se, por sua vez, na superfície de exposição da água subterrânea à pressão atmosférica proveniente da superfície (superfície da zona saturada). Esse nível pode variar em profundidade.

1.2. Formação das Águas Subterrâneas

A água subterrânea corresponde à parcela mais lenta do ciclo hidrológico e constitui nossa principal reserva de água, ocorrendo em volumes muito superiores ao disponível na superfície.

As águas subterrâneas ocorrem preenchendo espaços formados entre os grânulos minerais e nas fissuras das rochas, que se denominam aquíferos.

Representam a parcela da chuva que se infiltra no subsolo e migra continuamente em direção às nascentes, leitos de rios, lagos e oceanos.

Os aquíferos, ao reterem as águas das chuvas, desempenham papel fundamental no controle das cheias. Nestes, as águas encontram proteção natural contra agentes poluidores ou perdas por evaporação. A contaminação, quando ocorre, é muito lenta e os custos para recuperação podem ser proibitivos.

1.2.1. O Ciclo Hidrológico

O Ciclo Hidrológico é o movimento da água entre os continentes, oceanos e a atmosfera. Na atmosfera, o vapor da água em forma de nuvens pode ser transformado em chuva, neve ou granizo, dependendo das condições do clima. Essa transformação provoca o que se chama de precipitação. A transferência de água da superfície do Globo para a

atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação direta, por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação (passagem direta da água da fase sólida para a de vapor).

A energia solar é a fonte da energia térmica necessária para a passagem da água das fases líquida e sólida para a fase do vapor; é também a origem das circulações atmosféricas que transportam vapor de água e deslocam as nuvens.

A precipitação ocorre sobre a superfície do planeta, tanto nos continentes como nos oceanos. Nos continentes, uma parte das precipitações é devolvida para a atmosfera, graças à evaporação, outra parte acaba desaguando nos oceanos depois de percorrer os caminhos recortados pelos rios.

Os oceanos portanto recebem água de duas fontes: das precipitações e do desaguamento dos rios, e perdem pela evaporação. Na atmosfera, o excesso de vapor sobre os oceanos é transportado para os continentes, em sentido inverso ao desaguamento.

A precipitação é alta na zona equatorial, especialmente sobre as florestas tropicais e no Oceano Pacífico. Nas regiões sob a influência das altas subtropicais, a precipitação é baixa; já na zona temperada, existem regiões de precipitação relativamente alta, onde predominam os sistemas frontais. Na zona polar, as precipitações são baixas.

A evaporação é alta nos oceanos que estão sob a influência das altas subtropicais. Nos oceanos equatoriais, onde a precipitação é abundante, a evaporação é menos intensa. Nos continentes, a evaporação máxima ocorre na zona equatorial. Lembremos que, na contabilidade global, chove mais nos continentes que nos oceanos, e os oceanos evaporam mais que os continentes. Nos continentes, os locais onde a precipitação é abundante possuem florestas e onde há escassez de precipitação, estão os desertos.

Mas para que o ciclo hidrológico não se altere, é preciso preservar as florestas, nas quais os mananciais ficam protegidos, e os oceanos, de onde evapora boa parte da água que abastece, mais tarde, rios, lagos, e mananciais. Com isto, gera um grande problema, o homem gasta à toa, suja, envenena e não preserva os ecossistemas que poderiam alimentar os organismos aquáticos. Se continuar assim, vai ter de disputar as últimas gotas a peso de ouro.

A Figura 1 apresenta o movimento da água.

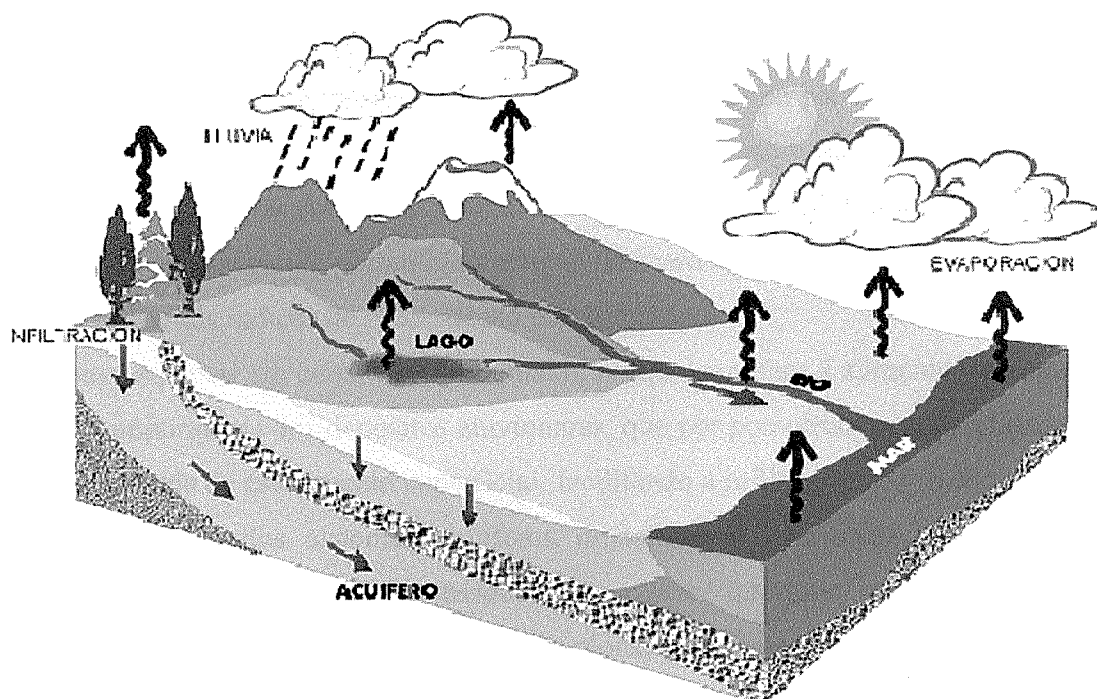


Figura 1 - O movimento da água no sistema solo-atmosfera.

1.2.2. Tipos de aquíferos e formação geológica

Existem dois tipos diferentes de aquíferos, baseados em suas características físicas. Se a zona saturada é confinada por duas formações geológicas constituídas por material impermeável, e a água encontra-se sobre pressão, esse é denominado de aquífero confinado. No entanto, se não houver uma camada impermeável imediatamente acima da zona saturada, esse é chamado de aquífero livre. Em um aquífero livre, a parte superior da zona saturada é o nível freático.

A delimitação dos sistemas aquíferos teve por base a extensão geográfica dos afloramentos, definindo áreas de características litológicas e comportamento hidrogeológico semelhantes. A análise e a descrição destas unidades aquíferas são apresentadas a seguir.

1.2.2.1. Aquífero cristalino

É constituído por rochas gnáissico-migmatíticas e granulíticas de composição variada, além de ocorrências descontínuas de leptitos, kinzigitos e lentes de quartzitos, anfibolitos, metabasitos e calcossilicáticos. O padrão estrutural dessas rochas é representado por falhas e

fraturas de direção preferencial NNO-SSE e NE-SO, esta segunda representando em menor escala os falhamentos transversais.

A água armazenada nestes tem sua origem principal na parcela das águas meteóricas que são retidas pelo processo de infiltração, diretamente sobre as áreas de afloramento ou indiretamente, através de coberturas detríticas e material aluvionar. A alimentação do aquífero cristalino fica condicionada portanto à variação das características climáticas, principalmente no que se refere aos índices de precipitação pluviométrica.

Deve-se levar em consideração também, no que se refere à alimentação desse sistema aquífero, a importância dos depósitos aluvionares, que por possuírem permeabilidade elevada, reduzem a parcela de escoamento superficial, facilitando a infiltração nos riachos-fenda.

O potencial dos sistemas aquíferos cristalinos é geralmente baixo. A reduzida quantidade de fraturas e diaclases, associada ao caráter intermitente dos rios e riachos da região, fazem com que, de maneira geral, a exploração de água subterrânea no embasamento cristalino seja bastante limitada. Localmente podem existir boas condições de armazenamento, quando se tem áreas de recarga associadas a zonas de tectonismo intenso.

A quantidade de água armazenada está condicionada principalmente pelo índice de fraturamento, pelo grau de abertura das fendas, pelas interconexões das fraturas e pela ligação do sistema de fissuramento das rochas com as zonas de recarga em superfície.

Os dados estatísticos estudados mostram que 95% das fendas abertas nas rochas cristalinas ocorrem até a profundidade de 70 metros, o que faz com que a captação de água subterrânea em aquífero fissural cristalino, abaixo dessa profundidade, seja bastante reduzida.

A prospecção das águas subterrâneas nos terrenos cristalinos requer basicamente a aplicação de critérios geológico-estruturais, na identificação, através de mapas ou fotografias aéreas, de zonas afetadas por uma tectônica rígida.

1.2.2.2. Aquífero metassedimentar

É composto por um conjunto de rochas metassedimentares com um grau de fraturamento elevado, por isso não são enquadradas no domínio cristalino. Condicionam índices de precipitação elevados e conseqüentemente melhores condições de alimentação e descarga.

É representado por conglomerados e principalmente quartzitos, com algumas associações de rochas plutônicas e vulcânicas.

As rochas que compõem o aquífero metassedimentar, pela sua colocação estrutural, apresentam-se como uma unidade topograficamente elevada, formando uma cadeia de montanhas alinhadas no sentido norte-sul, que condiciona a ocorrência de chuvas convectivas e conseqüentemente um índice pluviométrico relativamente alto.

Estas rochas, por serem mais resistentes ao ataque químico, não desenvolvem manto de intemperismo, fazendo com que fiquem diretamente expostas em superfície, ocasionando uma taxa de infiltração elevada. Deste modo, a recarga desse sistema aquífero é feita diretamente pelas águas meteóricas que se infiltram através da superfície fraturada da rocha ou indiretamente através dos depósitos de talus que bordejam as áreas serranas. Estes, por sua vez, são também particularmente importantes para a alimentação das zonas cristalinas adjacentes.

Apresentam boas possibilidades de exploração, visto que tais aquíferos fornecem boas vazões de água com excelente qualidade.

1.2.2.3. Aquífero sedimentar

É formado por um pacote de sedimentos com mais de 6.500 metros de espessura, constituídos predominantemente de arenitos e folhelhos.

A alimentação desses aquíferos sedimentar ocorre diretamente sobre as áreas de afloramento, através da parcela de infiltração das águas meteóricas.

Apesar da grande potencialidade apresentada por estes aquíferos sedimentares, com poços de vazões superiores a 400m³/h, não são raros os casos de poços com vazão insuficiente ou abandonados durante a perfuração. Esta variação é reflexo da grande heterogeneidade dessas formações a nível de comportamento estratigráfico, litológico e estrutural, sendo necessário portanto, para uma boa locação, um conhecimento razoável dessas variações.

Os poços para exploração desses aquíferos são geralmente profundos, com nível estático variando entre 10 e 70 metros.

1.2.2.4. Aquífero cárstico

As unidades aquíferas cársticas são constituídas predominantemente por rochas carbonáticas e pelíticas, principalmente calcários e dolomitos, de coloração cinza escuro, e pacotes laminados de argilitos calcíferos.

A alimentação dos sistemas aquíferos cársticos é feita pela infiltração das águas de precipitações pluviométricas, que geralmente ocorre de forma muito rápida, através do solo ou através das feições de dissolução em superfície.

Devido aos efeitos tectônicos, que deram origem a dobramentos com sistemas de falhas associados, estes aquíferos apresentam uma natureza mista, cárstico/fissural. Por se tratar de uma rocha sujeita a ataque químico e solubilização com intensidade variável, a depender da composição e do grau de cristalização, se desenvolvem, a partir de um fraturamento primário, zonas de dissolução, por onde a água circula rapidamente, possibilitando uma taxa de renovação elevada.

A capacidade de armazenamento fica então condicionada ao grau de fraturamento e carstificação e à potencialidade hidrogeológica, em função da associação entre a capacidade de armazenamento, esta por sua vez, diretamente proporcional ao regime das chuvas.

Os locais mais propícios a apresentarem boas vazões são aqueles onde ocorrem os processos de carstificação mais intensos, mostrando em superfície feições de dissolução.

1.2.2.5. Aquíferos costeiros

Aquíferos costeiros são aqueles situados em planícies próximas ao mar ou grandes lagos salgados.

As águas destes aquíferos sofrem influência das águas salgadas, o que lhes confere características bem marcantes. Nestes locais o fluxo subterrâneo de água doce que vem do continente encontra o fluxo subterrâneo de água salgada que está se infiltrando a partir do mar ou do lago. Devido à diferença de densidades entre os dois tipos de água, ocorre uma estratificação, ficando a água doce por cima e a salgada por baixo. Estas águas mantêm uma separação razoável, devido ao fato de que ambas estão em um meio poroso, onde a difusão dos solutos é muito lenta.

Admitindo-se que a densidade média da água dos mares é 1,027, pode-se calcular a profundidade da coluna de água doce em função da elevação do nível freático acima do nível do mar. Em linhas gerais pode-se dizer que para cada metro que o nível freático esteja acima do nível do mar temos 40 metros de coluna de água doce fluando sobre a água salgada (1:40). É fácil notar que qualquer poço perfurado nestes aquíferos deve respeitar esta relação, sob pena de captar água da zona salgada. Quando uma bomba está retirando água de um poço ela provoca o rebaixamento do nível freático ao redor do mesmo, formando um cone de depressão. A diminuição da coluna de água doce, permitirá que a água salgada suba, de forma

a equilibrar a pressão entre as duas. Se o bombeamento durar muito tempo ocorrerá uma intrusão de água salgada que contaminará o aquífero. Nestes casos é aconselhável que o poço trabalhe num regime de bombeamento intermitente, de forma a permitir a recomposição do sistema, mantendo a água salgada longe do fundo do poço.

Os fatores envolvidos na contaminação pela água salgada são:

- distância do fundo do poço com a interface água doce - salgada;
- do regime de bombeamento; e
- da permeabilidade do aquífero.

Neste último caso, pode-se dizer, que quando mais permeável é o aquífero, mais rápida é a difusão dos sais na camada de água doce.

2. FORMAS DE CAPTAÇÃO ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

2.1. Generalidades

Um dos principais problemas existentes na captação de água subterrânea é o risco de deterioração do aquífero em decorrência do volume explorado e do crescimento das fontes de poluição pontuais e difusas.

Essa situação exige gerenciamento adequado por parte das esferas do governo federal, estadual e municipal sobre as condições de aproveitamento dos recursos do aquífero.

Em geral, as propriedades rurais não contam com um sistema público de abastecimento de água (água encanada), de modo que é preciso instalar sistemas próprios de abastecimento, captando a água através de rios, riachos, córregos, lagoas, açudes, barragens ou represas, minas ou nascentes, lençóis freáticos (água de poço) e chuvas.

A obtenção de água de cada uma dessas fontes exige sistema de captação com características específicas, tais como: sucção direta na fonte, drenagem, poço, cisterna ou pequenas barragens.

A escolha do sistema mais adequado vai depender da fonte de abastecimento de água disponível na propriedade. Para aproveitamento de águas subterrâneas, um dos meios utilizados é o poço.

Este tipo de poço, é usado para captar pequenas quantidades de água, é uma boa solução quando não há possibilidade de aproveitamento de riachos, nascentes ou similares. Entretanto, o lençol de água (lençol freático) precisa estar num nível elevado no ponto de captação. O nível da água não é estático e varia de acordo com a precipitação, extração de água subterrânea, efeito das marés, no caso de aquíferos costeiros, alteração do regime de rios influentes, e etc.

Portanto, para evitar a abertura de poços em locais inadequados, é recomendável consultar antes um especialista no assunto. O local da construção do poço tem de ser bem estudado. Deve ficar afastado em aproximadamente 30 m no sentido morro acima, de focos de poluição (fossas sépticas, sumidouros, esterqueiras, e etc).

Para evitar contaminações, os 3 primeiros metros da parte inferior do poço devem ser revestidos com uma argamassa à base de cimento, qualquer que tenha sido o material usado (anéis pré-moldados ou blocos de cimento).

É preciso fazer uma laje sobre o poço, por motivos de segurança e higiene, e também para agüentar o peso do conjunto motor e bomba. Essa laje é igual à dos poços para tomada de água por sucção direta na fonte, devendo ter uma tampa para permitir no poço e abertura para tubulação.

2.2. Tipos de poços

2.2.1. Poços rasos

É a mais antiga forma de exploração da água subterrânea, estando presente em civilizações muito antigas. São poços cilíndricos, abertos manualmente, com o uso de picareta e pá. Às vezes são usados fogachos (pólvora) para romper blocos de rocha mais resistentes. Entretanto, este expediente é desaconselhável em virtude do perigo que acarreta, sendo proibido por lei a pessoas não autorizadas a lidar com explosivos.

2.2.1.1. Poço escavado

Poço escavado é o tipo mais utilizado pela população rural brasileira e, recebe nomes distintos, dependendo da região: cisterna, cacimba, cacimbão, poço amazonas, poço caipira, ou simplesmente poço. Só podem ser escavados em material não muito resistente, geralmente solo e depósitos sedimentares pouco consolidadas. Certos arenitos friáveis podem ser escavados manualmente.

Para que o operário possa trabalhar no fundo do poço, seu diâmetro deve ser grande, indo de 1 a 2 m, em média 1,50 m. À medida que o buraco se aprofunda são necessários pelo menos dois operários. Um fica no fundo do poço escavando enquanto o outro fica na superfície, retirando o material através de balde preso à ponta de uma corda que vai sendo enrolada num sarilho. O sarilho nada mais é do que um eixo que gira sobre duas forquilhas, acionado por uma manivela. Após atingir o nível d'água, a escavação continua, até que não se consiga mais esvaziar a água que está afluindo ao poço.

Os poceiros profissionais possuem algumas ferramentas que aumentam a segurança do trabalho, como o sarilho mecânico, com trava que não permite seu retorno acidental.

2.2.1.2. Poço a trado

Trado é uma ferramenta composta de uma caçamba cilíndrica, com aberturas laterais cortantes, rosqueada a uma haste de ferro terminada em T e que penetra no solo através de movimentos giratórios, realizados por um operário (trado manual) ou por um motor (trado mecânico). Há no mercado trados com diâmetro variando de 5 a 24 cm. Quanto maior for o diâmetro do trado, mais pesado ficará o serviço.

O poço é perfurado lentamente, pois após algumas voltas o operador tem que levantar a ferramenta para retirar o solo preso na caçamba. À medida que a profundidade aumenta são acrescentados novos segmentos de cano galvanizado na haste, que se tornará, portanto mais pesada. Ao atingir o nível freático é necessário descer um ou mais tubos que protejam a parede do poço, evitando seu desmoronamento. Para continuar a perfuração na zona saturada é necessário diminuir o diâmetro da caçamba para poder perfurar por dentro do tubo de revestimento.

Quando o poço começa a produzir muita água, o avanço se torna muito difícil pois há a formação de lama no fundo, tornando-se quase impossível a retirada do material. Após ter atingido a máxima profundidade possível da zona saturada, coloca-se um tubo de fundo cego e furos na lateral, que servirá como filtro e elemento de contenção das paredes da escavação.

2.2.1.3. Poço por ponteiros cravadas

Ponteira é uma haste perfurada, revestida por tela, com terminação cônica e que é cravada no terreno, através da qual pode-se retirar água com bomba de sucção. Muito popular, só funciona em aquíferos muito rasos. Muito usadas em obras de engenharia civil para o rebaixamento do lençol freático.

É necessário que os segmentos de tubos que foram conectados na ponteira, sejam bem vedados para não entrar ar, o que impediria a água de subir. Em geral estes poços possuem de 4 a 5 cm de diâmetro.

Estas ponteiros são muito versáteis, e são uma boa opção para um poço de baixo custo. Caso a necessidade de água aumente pode-se cravar mais ponteiros, mantendo uma distância segura para evitar as interferências dos cones de depressão.

As principais limitações são:

- como a água é extraída por sucção, isto é, extração passiva, a profundidade máxima de extração alcançada é dada pela pressão atmosférica. No nível do mar esta profundidade é de cerca de 6 (seis) metros, diminuindo com a altitude; e
- é indicada para terrenos arenosos homogêneos. Qualquer seixo ou bloco de pedra um pouco maior encontrado, quando se estiver cravando, impedirá que a ponteira desça. Da mesma forma solos argilosos oferecem muita resistência à penetração. Para facilitar a penetração pode-se injetar água no tubo na medida que o mesmo vai sendo cravado.

2.2.1.4. Poço radial

São poços escavados, de diâmetro maior do que o normal (3 a 4 metros) nos quais foram cravadas ponteiros ou aberto drenos horizontais em sua parte inferior, num arranjo radial. Isto permite aumentar grandemente a área de captação de água, elevando a produtividade do poço bem mais do que se fosse meramente escavado.

Uma das vantagens deste método é que permite que se faça o desenvolvimento do poço, isto é, usar processos que aumentam a permeabilidade do aquífero ao redor das ponteiros ou drenos.

Uma forma rudimentar de desenvolver um poço é provocar uma grande agitação da água de forma a extrair o sedimento fino que fica entre os grão maiores. Isto pode ser conseguido com o uso de uma ferramenta (pistão) que ao ser enfiada e retirada repetidamente, num movimento de vai e vem, provoca grande agitação da água e a retirada das partículas finas. Para facilitar a desagregação dos grumos de partículas finas podem ser utilizadas substâncias químicas especiais, não tóxicas.

Para que um poço possa ser desenvolvido é necessário que o diâmetro dos orifícios filtrantes da ponteira ou do dreno sejam adequados à granulometria do material perfurado, e permita que somente as partículas mais finas passem, caso contrário ele estará sempre produzindo areia junto com a água.

2.2.1.5. Galerias

Galerias são túneis cavados horizontalmente nas encostas até se encontrar o substrato rochoso, por onde, circula a água de infiltração. Uma vez encontrada uma região onde esteja havendo suficiente infiltração, cava-se uma pequena bacia de captação a partir da qual a água

é levada para fora, através de tubos e por gravidade. Como a saída de água passa a ser constante, é necessário a construção de reservatório para armazená-la.

Uma das grandes vantagens destas galerias é que fornecem água por gravidade, o que implica numa grande economia de energia. Na verdade são verdadeiras nascentes artificiais.

Nas cidades serranas do estado do Rio de Janeiro são muito utilizadas. Em Petrópolis há uma galeria com cerca de 40 m de comprimento, que havia sido acabada de ser escavada, sem nenhum revestimento e que fornecia 200 litros de boa água por hora, durante o período de estiagem.

A largura e altura destas galerias são o suficiente para que um homem possa ali se movimentar carregando um carrinho de mão, com o qual é retirado o solo escavado. Seu teto é abobadado. Após a construção e colocação de um tubo resistente como dreno, qualquer desmoronamento do teto não prejudicará a continuidade da saída da água.

É um serviço extremamente perigoso e só deve ser feito por pessoas muito treinadas e conhecedoras da técnica.

2.2.2 - Poços profundos

São poços perfurados com máquinas, com profundidades que variam de 40 a 1000 metros. Em alguns casos profundidades maiores são atingidas quando se procura a produção de água aquecida pelo geotermalismo.

Um poço profundo ideal é constituído das seguintes partes:

- o furo propriamente dito, que pode variar de 10 a 30 cm de diâmetro;
- um tubo de revestimento, cuja finalidade é conter as paredes do poço. Em formações pouco resistentes, perfuradas com ferramenta de percussão, este tubo de revestimento vai sendo colocado na medida que o poço vai se aprofundando. Nos poços perfurados por ferramentas rotativas, a lama impede a queda das paredes e o revestimento é colocado só no final;
- uma seção final (filtro) do tubo de revestimento perfurada ou ranhurada, por onde a água passa do aquífero para o tubo. Em alguns casos pode haver também seções intermediárias filtrantes, colocadas para aproveitar entradas superiores de água, que podem ser do mesmo aquífero ou de camadas superiores;
- uma camada de material arenoso (granular) que preenche o espaço anular entre o poço e seu revestimento ou filtro. Este material é chamado de pré-filtro e tem como finalidade permitir o aumento da área de abertura das fendas do filtro, ao mesmo

tempo que retém as partículas do aquífero, principalmente quando estas são muito finas.

2.3. Métodos de Perfuração

2.3.1. Percussão

Neste caso, a rocha é perfurada através da batida constante de uma ferramenta chamada trépano, presa a um cabo de aço, que é movimentado para cima e para baixo, através de um balancim acionado por motor. As pancadas do trépano esmigalha a rocha e os fragmentos resultantes, misturados com água do próprio poço ou colocada se este ainda estiver seco, dá origem a uma lama. Estes são retirados do poço através de uma ferramenta chamada caçamba. Esta lama que se forma além de facilitar a retirada do material triturado, serve como meio de refrigeração do trépano. A perfuração por percussão é indicada para formações bem consolidadas ou rochas duras, e profundidades não superiores a 250 m. Em formações pouco consolidadas as paredes podem entrar em colapso, o que obriga o uso de revestimento à medida que o poço se aprofunda, o que cria dificuldades adicionais para a continuidade do trabalho.

2.3.2. Rotativa

A perfuração se dá através do movimento rotatório de uma broca, ao mesmo tempo que se faz circular lama no poço. Esta lama além de servir para trazer o material triturado para cima, serve para refrigerar a ferramenta de corte e para manter uma pressão contínua dentro do poço, de forma a conter suas paredes, evitando assim seu colapso. A lama poderá ser injetada pelo furo central da haste de perfuração, subindo pelo espaço anelar, ou vice versa. Este método é indicado para formações moles e grandes profundidades. O revestimento do poço é feito no final, antes de bombear toda a lama.

OBS: A escolha da ferramenta certa é uma etapa importante no processo pois a escolha errada implica em maior tempo de perfuração, desgaste excessivo da ferramenta e dos equipamentos em geral, maior gasto com mão de obra, e perigos potenciais de perda do trabalho devido ao colapso das paredes ou da retenção da ferramenta no fundo do poço.

3. O FUNCIONAMENTO DE UM POÇO E A INSTITUIÇÃO DE PERÍMETROS DE PROTEÇÃO

3.1. Como funciona um poço

Quando se inicia o bombeamento de um poço, ocorre neste o rebaixamento do nível da água, criando um gradiente hidráulico (uma diferença de pressão) entre este local e suas vizinhanças. Este gradiente provoca a vinda contínua de água do aquífero em direção ao poço, enquanto estiver sendo processado o bombeamento. Se o bombeamento parar, o nível d'água retorna ao nível original (recuperação). Ao nível em que se encontra a água dentro do poço quando este está sendo bombeado chamamos de nível dinâmico.

O rebaixamento do nível d'água possui a forma cônica, cujo eixo é o próprio poço. A formação deste cone responde à necessidade de a água fluir em direção ao poço para repor a que está sendo extraída. Nos aquíferos isotrópicos, a água chegará todos os lados com a mesma velocidade, dando origem a uma superfície cônica relativamente simétrica. Se o aquífero for anisotrópico, este contorno será alongado segundo a direção da velocidade menor do fluxo de água.

A forma do cone de depressão dependerá dos seguintes fatores:

- do volume de água que está sendo bombeado: um mesmo poço apresentará cones de tamanhos diferentes em função do volume de água que está sendo extraída. Volume maior implica em maior rebaixamento do nível da água dentro do poço;
- da permeabilidade do aquífero: esta determinará a velocidade com que a água se movimenta para o poço. Quando a permeabilidade é grande, maiores volumes de água chegarão ao poço em menos tempo, provocando um cone menos profundo. Se a permeabilidade do aquífero for pequena, o cone terá um rebaixamento muito pronunciado.

O cone de depressão se expandirá até que seja capturada uma quantidade de água que iguale ao volume que está sendo extraído pelo bombeamento. Esta água capturada poderá ser: água de cursos superficiais ou de mares e lagos; água da chuva ou águas de camadas superiores separadas do aquífero por camadas semiconfinantes, no caso de aquíferos artesianos. Quando a quantidade de água capturada pelo cone de depressão se iguala ao

volume que está sendo extraído, dizemos que o poço está sendo operado em condições de equilíbrio.

Quando o cone de depressão atinge uma massa de água superficial, se esta não estiver hidraulicamente isolada, haverá o início ou o aumento da infiltração destas águas em direção ao poço.

3.2. Medidas a serem tomadas antes do uso da água captada

Poços próximos a fontes de águas poluídas estão seriamente sujeitos a produzir água contaminada. Um caso muito comum é a interceptação de água de fossas e sumidouros sanitários ou de vazamentos de redes de esgoto. Mesmo uma fossa situada a jusante do poço poderá contaminá-lo, pois com o bombeamento ocorre uma inversão do fluxo subterrâneo.

Uma vez terminado o poço, faz-se análise de sua água. No entanto, após um certo tempo de bombeamento intenso, este poço poderá começar a produzir água contaminada em virtude do acima exposto, isto é, pela captura de água poluída. Daí a necessidade de se manter uma permanente vigilância sobre a qualidade da água produzida. Vigilância que deverá se dar não somente na qualidade bacteriológica, mas também na sua qualidade química, pois às vezes o aquífero é capaz de filtrar as bactérias, mas não os produtos químicos indesejáveis como os compostos de nitrogênio, detergentes, arsênio, entre outros.

A água que vêm diretamente de poços, rios, e outras fontes que não passaram por um tratamento adequado e que não será filtrada em casa, deve ser fervida ou clorada.

A fervura deve durar aproximadamente 20 minutos. A água fria deve ser guardada num pote com tampa, pois pode se contaminar se ficar direto com o ar.

A cloração consiste em pingar de 2 a 3 três gotas de uma solução de cloro, encontrada em farmácias ou água sanitária, em cada litro de água. Além de beber a água clorada, podemos usá-la para lavar frutas, legumes e outros alimentos.

3.3. Perímetros de proteção das águas subterrâneas

Um instrumento preventivo para assegurar a proteção das águas subterrâneas é a instituição de perímetros de proteção. Trata-se de áreas definidas na vizinhança dessas captações em que se estabelecem restrições de utilidade pública ao uso e transformação do solo, em função das características pertinentes às formações geológicas, que armazenam as

águas subterrâneas exploradas pelas captações e dos caudais extraídos, como forma de salvaguardar a proteção da qualidade dessas águas subterrâneas.

Os perímetros de proteção das captações de águas subterrâneas visam, assim:

- prevenir, reduzir e controlar a poluição das águas subterrâneas por infiltração de águas pluviais lixiviantes e de águas excedentes de rega e de lavagens;
- potencializar os processos naturais de diluição e de autodepuração das águas subterrâneas;
- prevenir, reduzir e controlar as descargas acidentais de poluentes;
- proporcionar a criação de sistemas de aviso e alerta para a proteção dos sistemas de abastecimento de água com origem nas captações de águas subterrâneas, em situações de poluição acidental dessas águas.

A delimitação dos perímetros de proteção é realizada recorrendo a métodos hidrogeológicos apropriados que têm em conta os caudais de exploração, as condições da captação e as características do sistema aquífero explorado.

A fixação dos caudais de exploração e o dimensionamento das captações de águas subterrâneas têm que atender, necessariamente, aos aspectos econômicos, já que a delimitação dos perímetros de proteção das captações impõe restrições ao uso do solo em áreas significativas, que se traduzem em custos econômicos que se repercutem sobre o custo da água na origem.

De fato, não se afigura razoável delimitar perímetros de proteção com áreas ou com restrições excessivas, se tal não se traduzir num benefício efetivo em termos da proteção das águas subterrâneas.

Tem-se que exigir a delimitação dos perímetros baseada em estudos hidrogeológicos suficientemente rigorosos para evidenciar a eficácia das medidas de proteção impostas. Por outro lado, não fará sentido localizar captações em áreas em que as pressões sobre o uso do solo são de tal maneira elevadas que os custos de oportunidade das restrições impostas se traduzam em custos da água na origem que não sejam razoáveis, quando comparadas com outras alternativas, sem prejuízo dos critérios gerais que devem ser atendidos na proteção das águas subterrâneas.

Sempre que não possam ser realizados esses estudos - por exemplo, no caso de captações com menor capacidade ou em que o uso do solo é compatível com a proteção das águas subterrâneas -, definem-se critérios simples, mas suficientemente rigorosos, que asseguram a efetiva proteção das águas.

4. FORMAS DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Inúmeras atividades do homem introduzem no meio ambiente substâncias ou características físicas que ali não existiam antes, ou que existiam em quantidades diferentes. A este processo chamamos de poluição. Assim como as atividades desenvolvidas pela humanidade são muito variáveis, também o são as formas e níveis de poluição.

Estas mudanças de características do meio físico poderão refletir de formas diferentes sobre a biota local, podendo ser prejudicial a algumas espécies e não a outras.

De qualquer forma, considerando as interdependências das várias espécies, estas modificações levam sempre a desequilíbrios ecológicos. Resta saber quão intenso é este desequilíbrio e se é possível ser assimilado sem conseqüências catastróficas.

Recentemente, a grande imprensa noticiou que em países europeus o uso intensivo de defensivos agrícolas levou a uma diminuição dos microorganismos e insetos do solo a ponto de estar retardando a reciclagem das fezes animais.

No geral os depósitos de água subterrânea são bem mais resistentes aos processos poluidores dos que os de água superficial, pois a camada de solo sobrejacente atua como filtro físico e químico. A facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá dos seguintes fatores:

a) Tipo de aquífero: os aquíferos freáticos são mais vulneráveis do que os confinados ou semiconfinados. Aquíferos porosos são mais resistentes dos que os fissurais, e entre estes os mais vulneráveis são os cársticos.

b) Profundidade do nível estático (espessura da zona de aeração): como esta zona atua como um reator físico-químico, sua espessura tem papel importante. Espessuras maiores permitirão maior tempo de filtragem, além do que aumentarão o tempo de exposição do poluente aos agentes oxidantes e adsorventes presentes na zona de aeração.

c) Permeabilidade da zona de aeração: a permeabilidade da zona de aeração é fundamental quando se pensa em poluição. Uma zona de aeração impermeável ou pouco permeável é uma barreira à penetração de poluentes no aquífero. Aquíferos extensos podem estar parcialmente recobertos por camadas impermeáveis em algumas áreas enquanto em outras acontece o inverso. Estas áreas de maior permeabilidade atuam como zona de recarga e têm uma importância fundamental em seu gerenciamento.

Por outro lado, alta permeabilidade (transmissividade) permitem uma rápida difusão da poluição. O avanço da mancha poluidora poderá ser acelerado pela exploração do aquífero, na medida que aumenta a velocidade do fluxo subterrâneo em direção às áreas onde está havendo a retirada de água. No caso de aquíferos litorâneos, a superexploração poderá levar à ruptura do frágil equilíbrio existente entre água doce e água salgada, produzindo o que se convencionou chamar de intrusão de água salgada.

d) Teor de matéria orgânica existente sobre o solo: tem grande capacidade de absorver uma gama variada de metais pesados e moléculas orgânicas. Estudos mostram que com a técnica do plantio direto, há um aumento do teor de matéria orgânica no solo sendo responsável por uma grande diminuição do impacto ambiental da agricultura. Têm diminuído a quantidade de nitrato e sedimentos carregados para os cursos d'água.

e) Tipo dos óxidos e minerais de argila existentes no solo: sabe-se que estes compostos, por suas cargas químicas superficiais, têm grande capacidade de reter uma série de elementos e compostos.

Na contaminação de um solo por nitrato, o manejo de fertilizantes, com adição de gesso ao solo, facilita a reciclagem do nitrogênio pelos vegetais e, conseqüentemente, a penetração do nitrato no solo é menor. Da mesma forma, a mobilidade dos íons nitratos é muito dependente do balanço de cargas. Solos com balanço positivo de cargas suportam mais nitrato. Neste particular, é de se notar que nos solos tropicais os minerais predominantes são óxidos de ferro e alumínio e caolinita, que possuem significantes cargas positivas, o que permite interação do tipo íon-íon (interação forte) com uma gama variada de produto que devem sua atividade pesticida a grupos moleculares iônicos e polares.

Um poluente após atingir o solo, poderá passar por uma série reações químicas, bioquímicas, fotoquímicas e inter-relações físicas com os constituintes do solo antes de atingir a água subterrânea. Estas reações poderão neutralizar, modificar ou retardar a ação poluente. Em muitas situações a biotransformação e a decomposição ambiental dos compostos fitossanitários pode conduzir à formação de produtos com uma ação tóxica aguda mais intensa ou, então, possuidores de efeitos injuriosos não caracterizados nas moléculas precursoras.

A poluição capaz de atingir as águas subterrâneas pode ter origem variada.

Considerando que os aquíferos são corpos tridimensionais, em geral extensos e profundos, diferentemente portanto dos cursos d'água, a forma da fonte poluidora tem importância fundamental nos estudos de impacto ambiental.

4.1. Fontes de poluição

4.1.1. Fontes pontuais de poluição

São as que atingem o aquífero através de um ponto. Exemplos: sumidouros de esgotos domésticos, comuns em comunidades rurais, aterros sanitários, vazamentos de depósitos de produtos químicos, vazamentos de dutos transportadores de esgotos domésticos ou produtos químicos.

4.1.2. Fontes lineares de poluição

São as provocadas pela infiltração de águas superficiais de rios e canais contaminados. A possibilidade desta poluição ocorrer dependerá do sentido de fluxo hidráulico existente entre o curso d'água e o aquífero subjacente. É necessário enfatizar que, ao longo de um mesmo curso, há lugares onde o fluxo se dá do aquífero para o talvegue e outros onde se passa o inverso, isto é, as águas do rio se infiltram em direção ao aquífero. A existência de poços profundos em funcionamento nas proximidades do curso d'água poderá forçar a infiltração de água contaminada no aquífero invertendo o seu fluxo ou aumentando sua velocidade.

4.1.3. Fontes difusas de poluição

São as que contaminam áreas extensas. Normalmente são devidas a poluentes transportados por correntes aéreas, chuvas e pela atividade agrícola. Em aglomerados urbanos, onde não haja rede de esgotamento sanitário, as fossas sépticas e sumidouros estão de tal forma regularmente espaçadas que o conjunto acaba por ser uma fonte difusa de poluição. A poluição proveniente das fontes difusas se caracterizam por ser de baixa concentração e atingir grande áreas.

5. PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE CAPTAÇÃO DO AQÜÍFERO GUARANI

5.1.O Aquífero Guarani

O Aquífero Guarani é talvez o maior manancial transfronteiriço de água doce subterrânea no planeta, estendendo-se desde a Bacia Sedimentar do Paraná até a Bacia do Chaco-Paraná. Está localizado no centro-leste da América do Sul, entre 12° e 35° de latitude Sul e 47° e 65° de longitude Oeste, subjacente a quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. Tem extensão total aproximada de 1,2 milhão de km², sendo 840 mil km² no Brasil, 225,500 mil km² na Argentina, 71,700 mil km² no Paraguai e 58.500 km² no Uruguai. A porção brasileira integra o território de oito Estados: MS (213.200 km²), RS (157.600 km²), SP (155.800 km²), PR (131.300 km²), GO (55.000 km²), MG (51.300 km²), SC (49.200 km²) e MT (26.400 km²), como se observa na Figura 2.

A população atual do domínio de ocorrência do aquífero é estimada em 15 milhões de habitantes.

O termo Aquífero Guarani é uma denominação unificadora de diferentes formações geológicas que foi dada pelo geólogo uruguaio Danilo Anton em homenagem à grande Nação Guarani, que habitava essa região nos primórdios do período colonial.

O aquífero se constitui pelo preenchimento de espaços nas rochas (poros e fissuras), convencionalmente denominadas Guarani. As rochas do Guarani constituem-se de um pacote de camadas arenosas depositadas na bacia geológica do Paraná, entre 245 e 144 milhões de anos atrás. A espessura das camadas varia de 50 a 800 metros, estando situadas em profundidades que podem atingir até 1800 metros, como mostra na Figura 3.

Em decorrência do gradiente geotérmico, as águas do aquífero podem atingir temperaturas relativamente elevadas, em geral entre 50 e 85°C.

As reservas permanentes de água do aquífero são da ordem de 45.000 km³ (ou 45 trilhões de metros cúbicos), considerando uma espessura média aquífera de 250m e porosidade efetiva de 20%. As reservas explotáveis correspondem à recarga natural (média plurianual) e foram calculadas em 166 km³/ano ou 5 mil m³/s, representando o potencial renovável de água que circula no aquífero.



Figura 2 – Mapa esquemático da ocorrência do Aquífero Guarani.

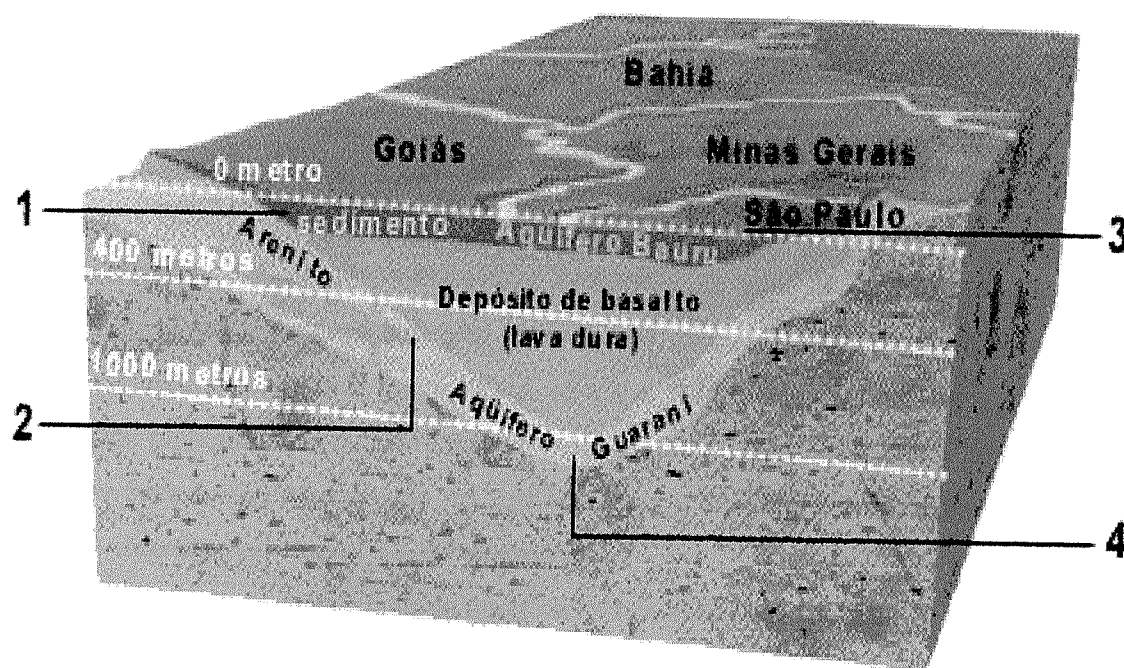


Figura 3 – Desenho esquemático do Aquífero Guarani.

A recarga natural ocorre por meio da infiltração direta das águas de chuva nas áreas de afloramento das rochas do Guarani; e de forma indireta, por filtração vertical ao longo de descontinuidades das rochas do pacote confinante sobrejacente, nas áreas onde a carga piezométrica favorece os fluxos descendentes.

Sob condições naturais, apenas uma parcela das reservas reguladoras é passível de exploração. Em geral, esta parcela é calculada entre 25% e 50% das reservas reguladoras, respectivamente entre 40 a 80 km³/ano. Este volume pode aumentar dependendo da adoção de técnicas de desenvolvimento de aquíferos disponíveis; contudo, os estudos deverão ser aprofundados para definir a taxa de exploração sustentável das reservas, uma vez que a soma das extrações com as descargas naturais do aquífero para rios e oceano, não pode ser superior a sua recarga natural.

A proteção contra os agentes de poluição que comumente afetam os mananciais de água na superfície, que decorre de mecanismos naturais de filtração e autodepuração bio-geoquímica que ocorrem no subsolo, resulta numa água de excelente qualidade. A qualidade da água e a possibilidade de captação nos próprios locais onde ocorrem as demandas fazem com que o aproveitamento das águas do aquífero Guarani assumam características econômicas, sociais e políticas destacadas para abastecimento da população.

Aspectos relativos ao desenvolvimento e uso das funções do aquífero são ainda incipientes. O uso da energia termal de suas águas poderá resultar, eventualmente, em economia de energia de outras fontes e em processos de co-geração de energia elétrica.

5.1.1. Perfil do Aquífero Guarani a partir da área de recarga

No Estado de São Paulo, o Guarani é explorado por mais de 1000 poços e ocorre numa faixa no sentido sudoeste-nordeste. Sua área de recarga ocupa cerca de 17.000 Km² onde se encontram a maior parte dos poços. Esta área é a mais vulnerável e deve ser objeto de programas de planejamento e gestão ambiental permanentes para se evitar a contaminação da água subterrânea e superexploração do aquífero com o conseqüente rebaixamento do lençol freático e o impacto nos corpos d'água superficiais.

A combinação da qualidade da água ser, regra geral, adequada para consumo humano, com o fato do aquífero apresentar boa proteção contra os agentes de poluição que afetam rapidamente as águas dos rios e outros mananciais de água de superfície, aliado ao fato de haver uma possibilidade de captação nos locais onde ocorrem as demandas e serem grandes as suas reservas de água, faz com que o Aquífero Guarani seja o manancial mais econômico, social e flexível para abastecimento do consumo humano na área.

Por ser um aquífero de extensão continental com característica confinada, muitas vezes jorrante, sua dinâmica ainda é pouco conhecida, necessitando maiores estudos para seu entendimento, de forma a possibilitar uma utilização mais racional e o estabelecimento de estratégias de preservação mais eficientes.

5.1.2. Mapa esquemático do Aquífero Guarani

Após diversas contribuições da comunidade técnico-científica dos quatro países envolvidos na elaboração do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani, que foi aprovado pelo Conselho Superior de Preparação do Projeto - CSPP (que conta com representantes da Argentina, Brasil, Paraguai, Uruguai - Fundo para o Meio Ambiente Mundial/Banco Mundial - Organização dos Estados Americanos). A Figura 4 apresenta um mapa esquemático do sistema.

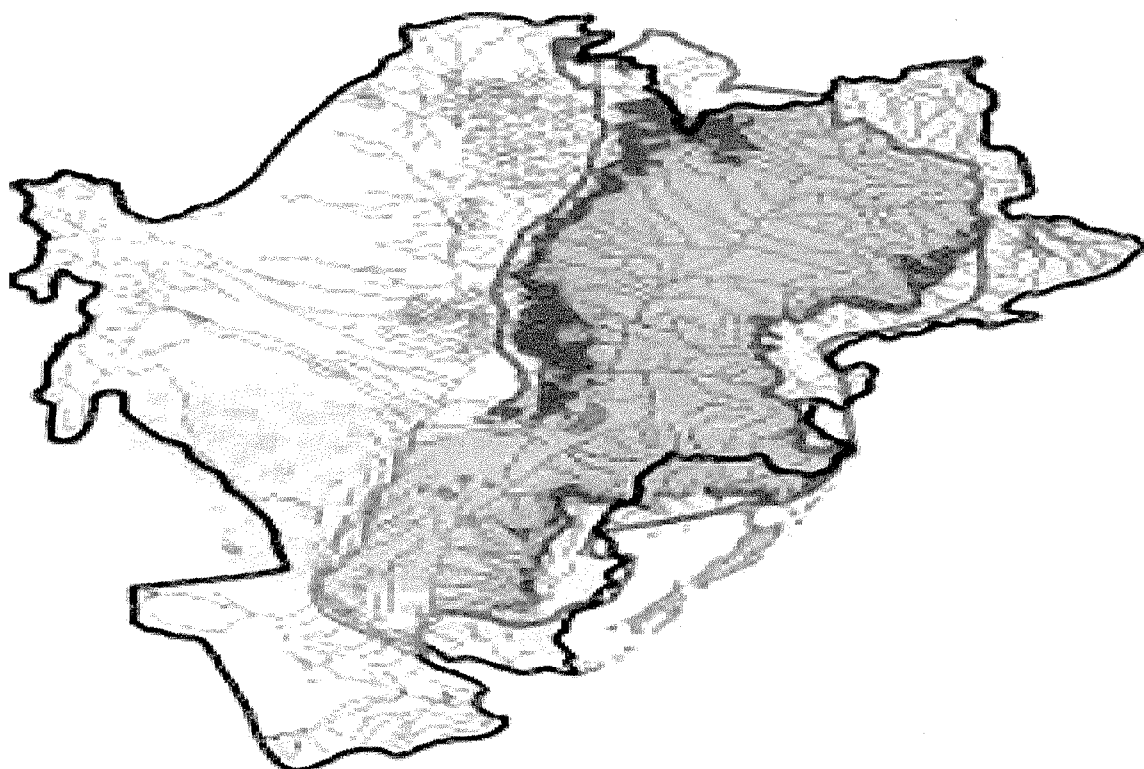


Figura 4 – Mapa esquemático do aquífero Guarani

O Sistema Aquífero Guarani é definido no mapa de forma inovadora, ressaltando aspectos fundamentais relacionados à gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, por meio da definição das áreas potenciais de recarga indireta (amarelo), direta (verde) e de descarga das águas do aquífero (marrom). As áreas que aparecem em branco referem-se à bacia de drenagem do rio da Prata cujas águas não integram o Sistema Aquífero Guarani.

As áreas de recarga direta são aquelas em que as águas se infiltram diretamente pelos afloramentos do Guarani e pelas fissuras das rochas subjacentes. As áreas de recarga indireta são aquelas de onde as águas são drenadas para o aquífero a partir da drenagem superficial e do fluxo subterrâneo indireto. Áreas de descarga são aquelas por onde as águas emergem do Sistema Aquífero Guarani, alimentando rios ou são exploradas através de poços artesianos.

5.2. Viabilidade técnico-econômica de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) pelo Aquífero Guarani

5.2.1. Cronograma do Projeto

<i>Fases</i>	<i>Objetivos e recursos</i>	<i>Período</i>
1. Concepção	Elaboração da proposta conceitual do projeto. Recursos dos países e dos organismos participantes	Maio de 1999 a maio de 2000
2. Preparação	Elaboração e aprovação do Documento de Projeto pelos países e Banco Mundial (GEF) Recursos de doação do GEF (PDF/Bloco B) e contrapartidas dos países.	Junho de 2000 a dezembro de 2001
3. Negociação	Elaboração e celebração do acordo básico para execução do projeto (Banco Mundial/OEA) e dos acordos bilaterais OEA-países; Preparação do Plano de Implementação do Projeto (PIP) e estruturação da Secretaria-Geral do Projeto	Outubro de 2001 a dezembro de 2002
4. Execução	Implementação do projeto Recursos de doação do GEF e contrapartidas de caráter não-financeiro dos países	2003 a 2007

5.2.2. O Projeto

O Projeto tem como objetivo apresentar justificativas e sugestões para elaboração de proposta de avaliação de viabilidade técnico-econômica de captação de água subterrânea do Aquífero Guarani visando auxiliar o suprimento da demanda da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. Esta iniciativa foi sugerida pela Associação Brasileira de Águas Subterrâneas-ABAS.

Considerado a maior reserva estratégica de água doce da América Latina, o Aquífero Guarani, conforme citado no item 5.1, ocupa área de cerca de 155.800 km² no Estado de São Paulo 90 % da qual encontra-se confinada pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral. Com espessura média de 250 metros e porosidade efetiva de 20%, as reservas estáticas são estimadas em 7.700 km³ de água, normalmente de excelente qualidade. As reservas ativas são estimadas em 960 x 106 m³/ano, suficientes para abastecer anualmente população de mais de 10 milhões de habitantes. Toda esta possança tem suscitado questionamentos, principalmente pelos órgãos responsáveis pelo suprimento de água potável às populações, a respeito da quantidade de água armazenada no aquífero que efetivamente poderia ser extraída e utilizada, e que não se mantivesse indefinidamente com o selo de “reserva futura”.

de poços poderia ser arranjado em “células de produção”, cada uma com 20 poços, distantes entre si aproximadamente 500 metros. As células guardariam um distanciamento maior entre si. A interferência entre os poços constituintes da mesma célula de produção seria inferior a 1,5 m, valor aceitável para as condições operacionais previstas.

Na área de afloramentos do Aquífero Guarani, distinguem-se particularmente duas regiões que reúnem condições técnico-econômicas mais adequadas, em razão de seu posicionamento geográfico, Itatinga e Itirapina ambas distantes cerca de 200 km, em linha reta, da capital paulista.

Uma alternativa à adução direta para capital é o recalque da água subterrânea para as regiões de Campinas e Piracicaba, distantes 90 e 60 km, respectivamente, em linha reta, de Itirapina. Esta opção permitiria liberar volume correspondente do Sistema Cantareira para a região metropolitana. Outro aspecto que deve ser levado em consideração é que o desnível topográfico entre as regiões de captação e consumo é altamente favorável, ou seja, da maior altitude (~750m) para a menor (~600m), minimizando os custos de adução da água produzida pelo aquífero.

5.2.2.1. Arranjo institucional da execução do Projeto

O Conselho Superior de Direção do Projeto – CSDP é organismo máximo de decisão na fase de execução. Cada país conta com representantes das áreas de recursos hídricos, meio ambiente e relações exteriores e deverá ser estruturado sobre as mesmas bases de funcionamento do Conselho Superior de Preparação do Projeto - CSPP.

A Secretaria-Geral tem a função de coordenação regional, na fase da execução do projeto, da contratação de serviços de consultoria e elaboração de proposta de modelo de gestão para o aquífero Guarani. Está diretamente vinculada ao CSDP, por intermédio da Organização dos Estados Americanos-OEA, agência executora internacional do projeto.

A equipe da Secretaria-Geral estará sediada em Montevidéu, no Uruguai, com uma equipe constituída pelo secretário-geral e demais membros, em fase de seleção pelos países e organismos envolvidos no projeto. Além dos serviços de consultoria previstos, os trabalhos incluirão a participação de especialistas dos diversos organismos internacionais envolvidos no projeto.

A Coordenação Nacional – CN/BR desempenha o papel de coordenação da Unidade Nacional de Execução do Projeto - UNEP/BR, e deverá apoiar o avanço dos processos técnicos, legais e institucionais da gestão do aquífero Guarani e das águas subterrâneas no país. Desde a fase de negociação, transição da fase de preparação para a de execução, o projeto está sob a responsabilidade institucional da Agência Nacional de Águas - ANA.

A UNEP/Brasil desempenha o papel de articulação da sociedade civil com os organismos de governo, no âmbito estadual e federal. A UNEP/BR deverá ser estruturada com base na unidade da fase de preparação, que inclui os diversos órgãos do Governo Federal envolvidos na temática e participantes de cada um dos oito Estados da federação, podendo envolver secretarias de estado, representantes de universidades, associação técnico-científicas, organizações não-governamentais (ONGs) e organismos de bacias hidrográficas, perfazendo um total de 55 instituições representadas.

As Unidades Estaduais de Execução do Projeto – UEEDs serão estruturadas pelos oito Estados de ocorrência do aquífero no Brasil de forma a apoiar e ampliar a participação na UNEP/BR. Cabe aos Estados estruturar suas Unidades Estaduais de Execução do Projeto.

5.2.3. O déficit de água da Região Metropolitana de São Paulo

De acordo com informações da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), o déficit de água da RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) atinge atualmente 4 m³/s. Em notícia veiculada pelo jornal "Estado de São Paulo", em outubro de 2003, técnicos da SABESP aventaram a possibilidade de suspender o fornecimento de 5 m³/s de água do Sistema Cantareira, destinados ao abastecimento das regiões de Campinas e Piracicaba, com o objetivo de adiar o início do racionamento.

Esta constatação demonstra a gravidade do problema de abastecimento da região e o alcance nefasto de sua interferência nas regiões localizadas à jusante das captações superficiais, dando-lhe proporções que transcendem os limites geográficos das áreas efetivamente afetadas.

5.2.4. Perspectivas de captação de água do Aquífero Guarani

Devem ser consideradas áreas potenciais de captação de água subterrânea aquelas localizadas em área de exposição dos sedimentos das formações Pirambóia e Botucatu, constituintes do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo.

Essa área ocupa uma faixa central, estreita e alongada na direção NE - SW, com cerca de 18.400 km², que mergulha em direção a oeste por sob os derrames basálticos da Formação Serra Geral.

5.2.5. O abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo pelo Aquífero Guarani

As características que influenciam diretamente as propriedades hidrodinâmicas dos aquíferos são: espessura saturada, condutividade hidráulica, coeficiente de armazenamento e porosidade efetiva. Dados extraídos de perfurações de poços profundos na região de afloramento do Aquífero Guarani indicam que as melhores características hidrodinâmicas são obtidas na porção situada próxima à área de ocorrência dos basaltos, em razão da maior espessura e melhores condições de permo-porosidade. Esta região distingue-se por ter o nível d'água relativamente pouco profunda, não possuir capeamento basáltico e apresentar condições de extração de 180 m³/h em poços com cerca de 300 a 350 metros de profundidade.

A demanda atual necessária da RMSP de 4 m³/s (ou 14.400 m³/h) poderia ser suprida pela construção de cerca de 80 poços profundos com vazão média de 180 m³/h. Este conjunto

6. CONCLUSÃO

A partir das informações obtidas no decorrer do trabalho, e enfatizando o projeto de viabilidade técnico e econômico para a região de São Paulo, conclui-se que as captações podem ser realizadas, além de serem necessárias, para diversos fins como o abastecimento de cidades grandes como citado neste caso ou para irrigação de um pequeno agricultor que tem sua plantação a nível de subsistência.

No entanto, é necessário que sejam realizados estudos sérios e aprofundados a cerca do que se pretende fazer para que não aconteça o posterior contaminação do aquífero, bem como observar a vazão de recarga do mesmo para que não aconteça o problema do rebaixamento do lençol freático e o impacto nos corpos d'água superficiais causando o desequilíbrio dos diversos tipos de ecossistemas que estes aspectos envolvem. É necessário a aplicação de leis para se conseguir a preservação deste recurso.

Utilizando-a de forma racional e segura poderemos ter nos lençóis freáticos a grande salvação para os problemas da água que o futuro nos reserva.

BIBLIOGRAFIA

Decreto-Lei nº 382/99, de 22 de Setembro - "Diário da República", n.º 222/99 SÉRIE I-A, de 22 de Setembro de 1999.

HERÉDIA, M. Aquífero Guarani. Monografia apresentada ao curso de tecnologia de Meio Ambiente. UNIPAC, 2004.

ROCHA, G.A. 1997. O grande manancial do Cone Sul. USP, Estudos Avançados no 30. p. 191-212.

Arranjo Institucional da Execução do Projeto. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>

Captação de Águas Subterrâneas para Abastecimento Público. Disponível em: <<http://www.giea.net/legislacao.net>

Mapa esquemático do aquífero guarani. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>

O Aquífero Guarani. Disponível em: < <http://www.daaearaquara.com.br>

Poluição das águas disponível em : <<http://www.poluentes.hpg.ig.com.br>

Projeto Aquífero Guarani. Disponível em: < <http://www.ana.gov.br>

Sistemas de Captação de águas. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>

Tratamento de água para consumo disponível em: <http://www.sitebiomedico.hpg.ig.com.br>