

## Capítulo 1

---

# **Importância, ocorrência, volume, distribuição e uso das águas subterrâneas no Brasil**

*Marco Antonio Ferreira Gomes*

## Importância

O Brasil detém não só a maior rede hidrográfica do planeta, com 55457 km<sup>2</sup> de rios, cujo potencial hídrico representa 12 % de toda água doce do mundo, mas também um dos maiores potenciais hídricos subterrâneos, com cerca de 112.311 km<sup>3</sup> de água, que corresponde a 1,1 % de todo o volume dos aquíferos existentes no planeta (REBOUÇAS, 1996; BRASIL, 2003; BORGHETTI et al., 2004).

Um conjunto de fatores físicos e biológicos possibilita a grande riqueza hídrica nacional. As precipitações são abundantes e 90 % de seus valores situam-se entre 1.000 e 3.000 mm/ano. A precipitação média no território brasileiro é da ordem de 1.783 mm/ano. Essas chuvas, associadas à considerável geodiversidade do território nacional, são fatores determinantes da existência do imenso volume hídrico utilizável (FAO, 2002; FUNDAJ, 2003; BORGHETTI et al., 2004).

Toda essa riqueza em água assume importância estratégica para as futuras gerações não só do Brasil, mas de todo o Cone Sul, uma vez que os recursos hídricos, sejam superficiais sejam subterrâneos, deverão ser tratados como commodities, ou seja, como bens de valor econômico, o que certamente implicará em ônus elevado para aqueles países que não possuem grandes reservas de água ou que possuem desequilíbrios entre produção/captação *versus* consumo.

Diante desse fato, torna-se imperativa a adoção de sistemas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos, cujos princípios básicos devem passar, necessariamente, pela educação da população, pela cobrança justa e também pelo controle e eficiência dos sistemas de distribuição que hoje no Brasil contribuem, em média, para perdas no volume de água de até 50 %, ocorridas no percurso entre a captação, os reservatórios e o consumidor.

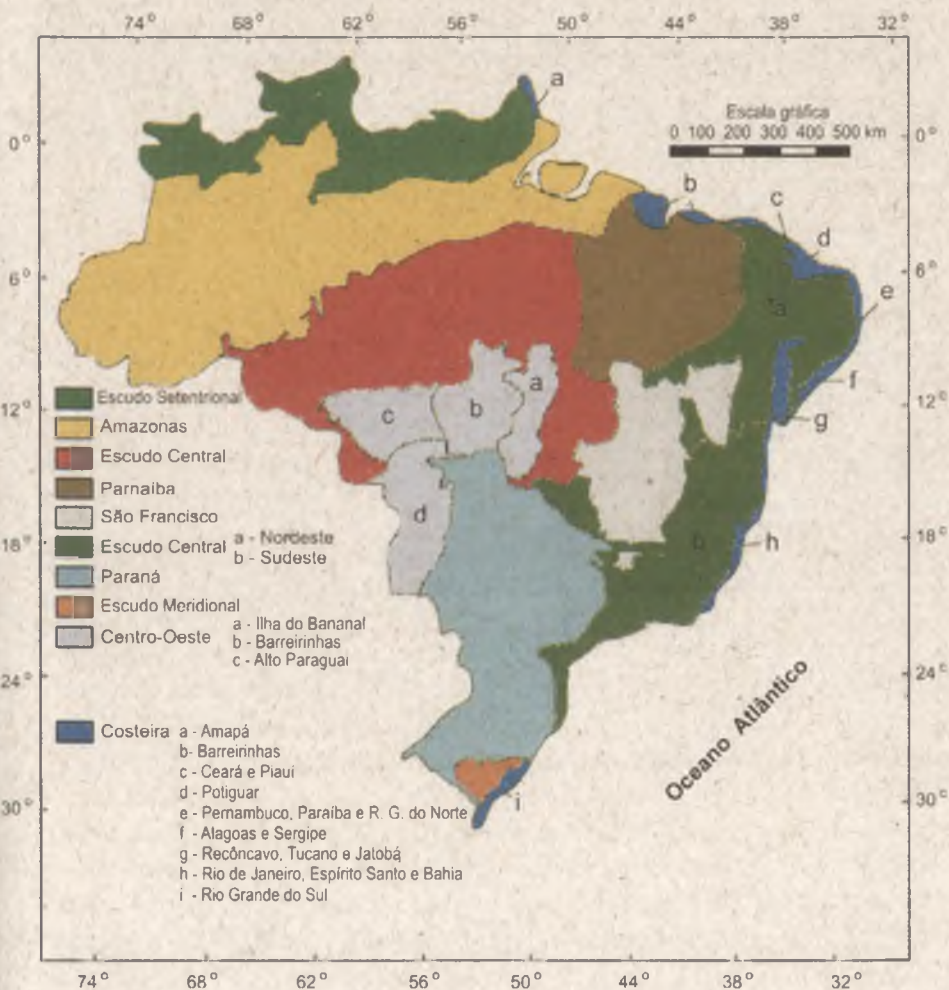
O Brasil, embora tenha a quinta maior população do mundo, consome meios água que o Paquistão, Japão, Tailândia, Bangladesh, Vietnã, Irã, Egito, Rússia e México, nos quais a população é menor; ele aparece em décimo quarto lugar, com 59,2 km<sup>3</sup>/ano, o que equivale a 1,6 % do total de água consumida no mundo (FAO, 2002 citado por BORGHETTI et al., 2004). Esse cenário indica que os países detentores de grandes reservas hídricas, a exemplo do Brasil, podem ser alvos de grande pressão mundial para consumo de água,

principalmente se persistir o atual comportamento de desperdício na maioria dos países. Assim, o país necessita consolidar uma política nacional de uso e proteção dos recursos hídricos que dê sustentabilidade ao sistema e que vai possibilitar o argumento de uso racional e equilibrado desse valioso patrimônio frente às diversas fontes e mecanismos de pressão internacional.

Para isso, encontra-se em fase de elaboração o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), por meio de um processo técnico, social e político, que envolve diferentes instituições, como passo principal para a consolidação do processo de gestão das águas. O Plano Nacional de Recursos Hídricos e os Planos Estaduais são instrumentos estratégicos que estabelecem diretrizes gerais sobre os recursos hídricos no País e nos estados, e, por esse motivo, têm que ser elaborados de forma participativa, para que possam refletir os anseios, necessidades e metas das populações das regiões e bacias hidrográficas. O PNRH tem como objetivos: a) orientar as decisões de governo e das instituições que compõem o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos; b) propor a implementação de programas nacionais e regionais; c) promover a harmonização e adequação de políticas públicas para buscar o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, de forma a assegurar as disponibilidades hídricas em quantidade e qualidade para o uso racional e sustentável.

## Ocorrência, volume e distribuição das águas subterrâneas

A ocorrência, bem como o volume acumulado e a distribuição da água subterrânea no Brasil, do ponto de vista da exploração com viabilidade econômica ou exploração, se dá por meio de grandes estruturas chamadas Províncias Hidrogeológicas definidas a partir da combinação das estruturas geológicas com fatores geomorfológicos e climáticos, cujas reservas de água subterrânea possuem condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade de água (BRASIL, 1981 citado por FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997; BRASIL, 2003 citado por BORGHETTI et al., 2004). Com essa combinação, foi possível configurar de Províncias Hidrogeológicas para todo o País, denominadas de Amazonas, Centro-Oeste, Costeira, Escudo Central, Escudo Meridional, Escudo Oriental, Escudo Setentrional, Paraná, Parnaíba e São Francisco, conforme mostra a Fig. 1.



**Fig. 1.** Representação esquemática das Províncias Hidrogeológicas do Brasil, adaptada de Feitosa e Manoel Filho (1997) e Borghetti et al. (2004).

Dentro de cada Província Hidrogeológica, existem diversas reservas de água subterrânea com exploração economicamente viável, denominadas de aquíferos ou sistemas aquíferos, permitindo uma visão mais detalhada da distribuição dos recursos hídricos subterrâneos em todo o País.

A Tabela 1, a seguir, exhibe a distribuição dos principais aquíferos brasileiros, mencionando, ainda, o domínio do aquífero (região de abrangência), a área de ocorrência, o volume de água de cada aquífero e o percentual que representa em relação ao volume total de água subterrânea disponível no País.

O volume total de água subterrânea existente no país que é de 112.311 Km<sup>3</sup>, corresponde a 112, 3 quatrilhões de litros. Este valor, considerando o consumo diário de 240 litros/pessoa e a população brasileira de 180 milhões, daria para abastecê-la por 7.122 anos. Logicamente, isto é impossível do ponto de vista hidrogeológico, pois implicaria na retirada total de toda água dos sistemas aquíferos o que, além de inconcebível pela tecnologia hoje existente, provocaria uma catástrofe de ordem geológica em decorrência da formação de um grande espaço vazio originado pela retirada da água. Na verdade, os números servem apenas para mostrar a magnitude do volume de água existente em nossos aquíferos.

Dentre esses sistemas, o Itapecuru (PA), Serra Grande (PI), Urucua (BA) e o Guarani (SP, MG, GO, MT, MS, PR, SC e RS) são os que mais têm sofrido com a exploração indiscriminada, principalmente por abrangerem áreas de expansão agropecuária, agroindustrial e de crescimento demográfico significativo. O caso do Sistema Aquífero Guarani é o mais delicado por estar sob área de influência de uma população aproximada de 24,9 milhões de habitantes (BORGHETTI et al., 2004). Situa-se no Domínio da Bacia Sedimentar do Paraná que se constitui na mais importante província hidrogeológica do Brasil, com cerca de 45 % das reservas de água subterrânea do território nacional, em razão da sua aptidão em armazenar e liberar grandes quantidades de água e, ainda, pelo fato de se encontrar nas proximidades das regiões mais populosas e economicamente mais desenvolvidas do país.

Em razão da existência de interligações ou mesmo conexões entre essas reservas subterrâneas e as águas superficiais, os sistemas aquíferos tornam-se expostos às ações antrópicas em diferentes níveis, considerando a vulnerabilidade natural de cada um deles. Nesse aspecto, os sistemas que possuem porções aflorantes ou de recarga direta exibem maior vulnerabilidade natural ou maior exposição a uma situação de risco de contaminação decorrente de atividades de diversas ordens, tais como agrícolas, agroindustriais e industriais.

**Tabela 1.** Principais sistemas aquíferos brasileiros e suas respectivas características.

Sistema aquífero principal	Domínio aquífero	Provincia hidrogeológica	Área (km <sup>2</sup> )	Volume de água (km <sup>3</sup> )	Total (%)
Zonas fraturadas	Substrato Aflorante	Escudo Oriental	600.000	80	0,07
Manto de rochas alteradas e/ou fraturas	Substrato Alterado	Escudos Setentrional, Central e Meridional	4.000.000	10.000	8,90
Arenitos Barreiras e Alter do Chão	Bacia Sedimentar Amazonas	Amazonas	1.300.000	32.500	28,94
Arenitos São Luís e Itapecuru	Bacia Sedimentar de São Luís, Barreirinhas	Parnaíba	50.000	250	0,22
Arenitos Itapecuru, Cordas-Grajaú, Motuca, Poti-Piauí, Cabeças, Serra Grande	Bacia Sedimentar Maranhão	Parnaíba	700.000	17.500	15,58
Arenitos Barreiras e Açú-Beberibe, Calcário Jandaíra	Bacia Sedimentar Potiguar, Recife	Costeira	23.000	230	0,20
Arenitos Barreiras e Marituba	Bacia Sedimentar Alagoas, Sergipe	Costeira	10.000	100	0,09
Arenitos Marizal, Tacaratu, São Sebastião	Bacia Sedimentar Jatobá-Tucano-Recôncavo	Costeira	56.000	840	0,75
Arenitos Bauru-Caiuá-Furnas/Aquidauana, Guarani e Basaltos da Formação Serra Geral	Bacia Sedimentar Paraná	Paraná	1.000.000	50.400	44,88
Arenitos Urucuia e Areado; aluviões e dunas	Bacia Sedimentar do São Francisco, depósitos diversos	São Francisco e Centro-Oeste	773.000	411	0,37
<b>Total</b>			<b>8.512.000</b>	<b>112.311</b>	<b>100</b>

Fonte: Adaptado de Borghetti et al. (2004).

Nesse contexto, é importante entender que as águas subterrâneas fazem parte de uma das componentes do ciclo hidrológico, uma vez que constituem parcela da água precipitada. Isso remete à reflexão de que não se deve pensar, separadamente, quando se fala em água superficial e água subterrânea. Existe uma conexão direta e constante entre esses dois compartimentos, tanto é que nos períodos de estiagem os aquíferos fornecem água para os rios, num processo de fluxo ascendente, também conhecido por descarga, enquanto que no período chuvoso eles fornecem água para os aquíferos, a partir de um processo inverso ou descendente, uma das diversas formas de recarga. Assim, a proteção dos recursos hídricos subterrâneos passa, necessariamente, pela proteção dos recursos hídricos superficiais.

Outro aspecto relevante em relação à água subterrânea, com ênfase nos aquíferos, é o de que só é possível explorar ou explorar (exploração racional) o equivalente a 25 % do potencial de recarga anual dos mesmos; esse valor constitui uma margem de segurança, conforme argumentos de diversos especialistas (ANA, 2001). O potencial de recarga do aquífero, por sua vez, depende de suas características, tais como tamanho da área de recarga e o índice pluviométrico médio onde ele se encontra. Assim, conclui-se que cada aquífero tem suas particularidades, exigindo ações específicas de uso e exploração que garanta, individualmente, a sustentabilidade de cada sistema ou domínio aquífero. Saber usar racionalmente este patrimônio hídrico subterrâneo é o grande desafio da geração atual no sentido de oferecer um legado de valor inestimável para as gerações futuras do Cone Sul.

### **Exploração, uso e gestão da água subterrânea**

A exploração com viabilidade econômica ou exploração da água subterrânea está condicionada a fatores quantitativos, qualitativos e econômicos, o que tem determinado uma evolução no aproveitamento desse recurso ao longo do tempo, acompanhando a própria evolução da humanidade. Seu uso crescente se deve ao melhoramento das técnicas de construção de poços e dos métodos de bombeamento, permitindo extração de água em volumes e profundidades cada vez maiores e possibilitando, assim, o suprimento de água das cidades, indústrias, projetos de irrigação, etc. (LEAL, 1999; BORGHETTI et al., 2004).

A exploração das águas subterrâneas apresenta as seguintes vantagens em relação às águas superficiais: a) dispensa tratamento químico que onera bastante as águas superficiais em dispendiosas ETAs; b) não acarreta inundação de áreas aproveitáveis na superfície, muitas vezes representadas por excelentes solos agricultáveis; c) a área de captação e proteção é extremamente reduzida; d) permite uma distribuição setorizada, com baterias de exploração constituindo sistemas isolados ou interligados; e) a rede de adução até o reservatório ou caixa d'água é, em geral, de pequena extensão, ao contrário das barragens que requerem redes adutoras de vários quilômetros de extensão; f) a implantação do sistema pode ser efetuada de maneira gradativa, ao longo do tempo, na medida em que ocorra aumento na demanda, evitando períodos de sobre logo que se constrói uma barragem e períodos de déficit quando a demanda ultrapassa a sua capacidade. Essa flexibilidade evita aplicação de grandes investimentos concentrados em curto espaço de tempo; g) não implica em desapropriação de grandes áreas como as barragens, que representam vultosos gastos financeiros; h) independe de períodos de estiagem prolongados para recarga anual como nos reservatórios de superfície; i) o prazo de execução de um poço é de dias, em contraposição a meses e até anos no caso de barramento de um rio; j) as águas subterrâneas não estão sujeitas, como as superficiais, ao intenso processo de evaporação, que implica em perdas consideráveis, principalmente nas regiões de clima quente; k) o sistema é mais protegido de eventuais poluições antrópicas; l) os impactos ambientais são mínimos ou bem restritos em relação às águas superficiais; m) a manutenção é mais segura, pois a paralisação para manutenção de uma unidade de bombeamento, até mesmo sua substituição, pode ser efetuada sem prejuízo para o conjunto, o que não ocorre seguramente no sistema de bombeamento/tratamento de água superficial; n) os poços perfurados dentro dos padrões técnicos normalmente têm vida útil superior a vinte anos, com amortização dos investimentos realizados em apenas cinco a oito anos (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997).

Por todas essas vantagens, a água subterrânea vem sofrendo aumento em seu consumo, não só no Brasil, mas em todo o mundo.

No Brasil, vários núcleos urbanos abastecem-se de água subterrânea de forma exclusiva ou complementar constituindo o recurso mais importante de água doce. Indústrias, propriedades rurais, escolas, hospitais e outros estabelecimentos utilizam, com freqüência, água de poços profundos.



O maior volume de água ainda é, todavia, destinado ao abastecimento público. Importantes cidades do País dependem integral ou parcialmente da água subterrânea para abastecimento, como, Por exemplo: 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 abastecidas por águas subterrâneas, ao passo que em São Paulo e no Piauí esse percentual chega a 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 em razão de sua excelente qualidade (BRASIL, 2003). Mesmo em casos de elevado teor salino, como nas áreas de ocorrência dos aquíferos fissurados do semi-árido nordestino, as águas subterrâneas constituem, com frequência, a única fonte de suprimento permanente (LEAL,1999).

Segundo o Censo de 2000 (IBGE, 2003 citado por BORGHETTI et al., 2004), 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 mil, com um número anual de perfurações de aproximadamente 10 mil, o que pode ser considerado irrisório diante das necessidades de água potável das populações e se comparado com outros países (BRASIL, 2003). Os estados com maior número de poços perfurados são: São Paulo (40.000), Bahia, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí (LEAL, 1999 citado por BORGHETTI et al., 2004).

## Referências

- ANA (Agência Nacional de Águas). **Mapa esquemático do Sistema Aquífero Guarani**. Elaborado pela CAS/SRH/MMA (UNPP/Brasil). Brasília,DF: Agência Nacional de Águas, 2001. Escala 1:13.600.000.
- BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba, 2004. 214 p.
- BRASIL. DNPM/CPRM. **Mapa hidrogeológico do Brasil**, escala 1:2.500.000. relatório final. Recife: CPRM, 1981. v. 1 e 2.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: documento base de referência: minuta: revisão. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Recursos Hídricos;

Agência Nacional das Águas, 2003. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/>>. Acesso em: 28 out. 2007.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Review of water resources statistics by country**. Water resources, development and management service, 2002. Disponível em: <<http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agl/aglw/aquastat/dbase/index2.jsp>> Acesso em: 28 out. 2007.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM LABHID-UFPE, 1997. 412 p.

FUNDAJ. Fundação Joaquim Nabuco. **Águas doces no Brasil**. 2003. <Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/sbpc.html>> Acesso em: 28 out. 2007.

LEAL, A. S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e usos. In: FREITAS, M. A. V de (Org.). **O estado das águas no Brasil**. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica; Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas; Ministério do Meio Ambiente; Secretaria de Recursos Hídricos; Ministério de Minas e Energia, 1999. 334 p.

MACHADO, J. L. F. A redescoberta do Aquífero Guarani. **Revista Scientific American Brasil**, São Paulo, n. 47. p. 33-39, 2006.

SÃO PAULO. Instituto Geológico. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Geológico; Cetesb, 1997. v. 1. 144 p. (Série Documentos).