

Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1517-5111

Dezembro, 2001

Documentos 33

Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Planaltina, DF
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73301-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Ronaldo Pereira de Andrade*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Membros: *Maria Alice Bianchi, Leide Rovênia Miranda de Andrade,
Carlos Roberto Spehar, José Luiz Fernandes Zoby*

Supervisão editorial: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira /
Jaime Arbués Carneiro*

Normalização bibliográfica: *Maria Alice Bianchi*

Capa: *Chaile Cherne Soares Evangelista*

Edição eletrônica: *Jussara Flores de Oliveira*

1ª edição

1ª impressão (2001): tiragem 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.
Embrapa Cerrados.

L732r Lima, Jorge Enoch Furquim Werneck

Recursos hídricos no Brasil e no mundo / Jorge Enoch Furquim
Werneck Lima. – Planaltina : Embrapa Cerrados, 2001.

46 p. — (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111;
n.33)

1. Recursos hídricos. I. Lima, Jorge Enoch Furquim Werneck.
II. Título. III. Série.

333.91 - CDD 21

© Embrapa 2001

Autores

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Eng. Agríc., M.Sc. Irrigação e Agroambientes,

Embrapa Cerrados

jorge@cpac.embrapa.br

Apresentação

Este trabalho é resultado da compilação de extensa revisão bibliográfica realizada pelo autor durante a confecção de sua dissertação de mestrado e de adaptações posteriores. Além de compor a introdução da referida dissertação, parte deste texto foi inserido, pelo autor, no livro “Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos”, do qual é co-autor, publicado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e pela Agência Nacional de Águas – ANA, em 2001.

As atualizações e revisões do texto que deram origem a este trabalho, embasaram-se em dados, conceitos e informações, apresentadas de forma clara e objetiva, buscando atingir a maior diversidade de pessoas, com os mais diferenciados níveis de compreensão sobre o tema.

Essa publicação apresenta uma valiosa contribuição para informar a sociedade sobre a situação geral dos recursos hídricos no Brasil e no mundo. Sendo assim, a Embrapa Cerrados, em conformidade com suas atribuições e preocupada com a gestão e com a preservação do meio ambiente e, em especial, da água, vem disponibilizar este material que julga de suma importância para o desenvolvimento do setor agropecuário brasileiro.

Carlos Magno Campos da Rocha
Chefe-Geral

Sumário

Introdução	9
Recursos hídricos no mundo	11
Recursos hídricos no Brasil	26
Águas subterrâneas no Brasil	41
Considerações Finais	43
Referências Bibliográficas	43
Abstract	46

Recursos hídricos no Brasil e no mundo

Jorge Enoch Furquim Werneck Lima

Introdução

A importância da água para a existência de vida na Terra é indiscutível. Além disso, esse recurso natural é fundamental para o desenvolvimento de diversas atividades antrópicas, tais como a produção de alimentos, de energia, de bens de consumo, de transporte e de lazer, assim como para a manutenção e o equilíbrio ambiental dos ecossistemas terrestres.

A disponibilidade hídrica mundial é estimada em cerca de 40.000 km³/ano ([Shiklomanov, 1998](#)). Desses, avalia-se que apenas cerca de 4000 km³/ano, 10% do total, são derivados dos rios para o uso humano. Da água captada, estima-se que apenas 2000 km³/ano são efetivamente consumidos, resultando no retorno dos outros 2000 km³/ano aos cursos d'água, porém, com qualidade inferior à que foram captados.

Como apenas 10% da água doce disponível no mundo é captada e seu consumo é estimado em 50% desse valor, entre pessoas menos informadas podem surgir questionamentos acerca da veracidade dos problemas anunciados relativos à sua escassez. O fato é que nem todo o recurso hídrico disponível nos rios, lagos e outros é passível de utilização. Os números apresentados podem dar a impressão de que se utiliza apenas uma pequena fração do volume disponível e que podemos aumentar esse consumo facilmente, o que não é verdade.

A má distribuição temporal e espacial das chuvas e vazões, aliada, muitas vezes, à concentração das demandas por água em determinadas regiões, configura um dos principais fatores que levam à ocorrência de problemas relacionados a recursos hídricos. Segundo [Hofwegen & Svendsen \(1999\)](#), em muitas regiões do mundo mais de $\frac{3}{4}$ da precipitação anual ocorre durante menos de seis meses. Assim, em busca de maior equilíbrio da disponibilidade hídrica ao longo do ano, estima-se que mais de 45.000 grandes reservatórios foram construídos no mundo para o armazenamento da água dos períodos úmidos para que possa ser utilizada nos mais secos. Além disso, os dados apresentados não consideram as restrições quanto à qualidade da água disponível. Outro fator importante a ser ressaltado é que a água não utilizada pelo homem não vai para os oceanos sem uso, pois desse fluxo dependem diversos ecossistemas terrestres e aquáticos (florestas, matas, lagos, várzeas e outros).

Há décadas discute-se sobre formas de gestão dos recursos hídricos passíveis de evitar ou minimizar problemas de desabastecimento de água no mundo. Entretanto, muitos já são os países e regiões que sofrem com essas situações.

[Hofwegen & Svendsen \(1999\)](#), enfocam três princípios como fundamentais para direcionar a gestão das águas. O primeiro deles afirma que todas as pessoas devem ter acesso à água, em quantidade e qualidade suficientes para satisfazer suas necessidades básicas de consumo, saneamento e alimentação, o que não significa dizer que elas não devam pagar ou trabalhar para isso, mas que a sociedade deve ser organizada de forma que água e alimentação sejam acessíveis a todos. O segundo trata da obrigação moral da geração atual em não superexplorar ou degradar os recursos naturais existentes, dos quais dependerão as gerações futuras. O terceiro princípio relata a importância da participação da população nos processos de tomada de decisão relativos à gestão dos recursos hídricos. Isso implica transparência ao longo desses processos, por meio da disponibilização e discussão das informações pertinentes à população envolvida. As decisões tomadas devem ser embasadas nas leis vigentes e representar os anseios da maioria.

Portanto, como forma de ampliar o conhecimento da sociedade para que ela possa exercer de forma profícua seu papel na gestão das águas, este trabalho vem apresentar informações gerais sobre a situação atual dos recursos hídricos no Brasil e no mundo.

Recursos hídricos no mundo*

Segundo Population Reference Bureau (citado por [Demanboro & Marioton, 1999](#)), mais de 1 bilhão de pessoas já vive sem suficiente disponibilidade de água para consumo doméstico e se estima que, em 30 anos, haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta d'água.

Atualmente, estima-se que a população mundial seja de aproximadamente 6 bilhões de habitantes e que, por volta do ano 2050, alcance de 10 a 12 bilhões ([Organización Meteorológica Mundial, 1997](#)). Isso resulta na necessidade de, com a mesma quantidade de recursos naturais disponíveis, atender às demandas de mais 5 bilhões de pessoas por água, alimento, moradia, emprego e outras.

Considera-se, atualmente, que a quantidade total de água na Terra, de 1386 milhões de km³, tenha permanecido de modo aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos. Vale ressaltar, todavia, que as quantidades estocadas, nos diferentes reservatórios de água, variaram substancialmente ao longo desse período ([Shiklomanov, 1998](#)).

A distribuição dos volumes estocados nesses reservatórios é demonstrada na [Tabela 1](#) e nas [Figuras 1](#) e [2](#), nas quais se verifica que 97,5% do volume total de água da Terra é de água salgada, formando os oceanos e, somente, 2,5% é de água doce. Ressalta-se que a maior parte dessa água doce (68,7%) está armazenada nas calotas polares e geleiras. A água, contida em lagos e rios configura a forma de armazenamento em que os recursos hídricos estão mais acessíveis ao uso humano, correspondendo a apenas 0,27% do volume de água doce da Terra e cerca de 0,007% do volume total.

Observa-se que, mesmo tendo a Terra um volume total de água da ordem de 1386 milhões de km³, a parcela efetivamente disponível ao uso humano é muito pequena, apenas 0,007%.

As águas da Terra encontram-se em permanente movimento, constituindo o ciclo hidrológico. Desde os primórdios dos tempos geológicos, a água, líquida ou sólida, transformada em vapor pela energia solar que atinge a superfície da Terra (oceanos, mares, continentes e ilhas) e, pela transpiração dos organismos vivos, sobe para a atmosfera onde esfria progressivamente, dando origem às nuvens. Essas massas de água voltam para a Terra sob a ação da gravidade, principalmente, nas formas de chuva, neblina e neve.

* Adaptado de [Lima, 2000](#). In: [Setti et al., 2001](#).

Tabela1. Distribuição da água na Terra

Reservatório	Volume (10 ³ km ³)	% do volume total	% do volume de água doce
Oceanos	1.338.000,0	96,5379	-
Subsolo:	23.400,0	1,6883	-
Água doce	10.530,0	0,7597	30,0607
Água salgada	12.870,0	0,9286	-
Umidade do solo	16,5	0,0012	0,0471
Áreas congeladas:	24.064,1	1,7362	68,6971
Antártida	21.600,0	1,5585	61,6629
Groenlândia	2.340,0	0,1688	6,6802
Ártico	83,5	0,0060	0,2384
Montanhas	40,6	0,0029	0,1159
Solos congelados	300,0	0,0216	0,8564
Lagos:	176,4	0,0128	-
Água doce	91,0	0,0066	0,2598
Água salgada	85,4	0,0062	-
Pântanos	11,5	0,0008	0,0328
Rios	2,1	0,0002	0,0061
Biomassa	1,1	0,0001	0,0032
Vapor d'água na atmosfera	12,9	0,0009	0,0368
Armazenamento total de água salgada	1.350.955,4	97,4726	-
Armazenamento total de água doce	35.029,2	2,5274	100,0
Armazenamento total de água	1.385.984,6	100,0	-

Fonte: [Shiklomanov, 1997](#).

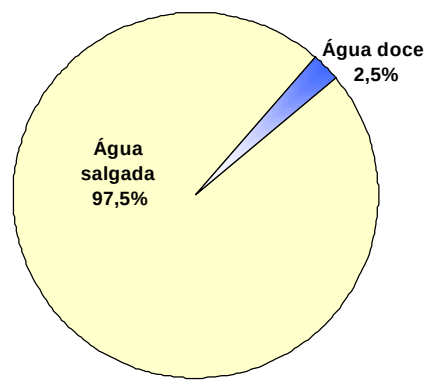


Figura 1. Total de água da Terra.

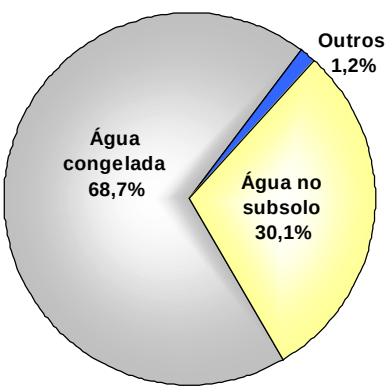


Figura 2. Distribuição da água doce na Terra.

O ciclo hidrológico é responsável pelo movimento de enormes quantidades de água ao redor do mundo. Parte desse movimento é rápido, pois, em média, uma gota de água permanece aproximadamente 16 dias em um rio e cerca de oito dias na atmosfera (Tabela 2). Entretanto, esse tempo pode estender-se por milhares de anos para a água que atravessa lentamente um aquífero profundo. Assim, as gotas de água reciclam-se continuamente ([Organización Meteorológica Mundial, 1997](#)).

O acesso ao volume total de água estocada nos diferentes reservatórios existentes na Terra não é uma tarefa elementar, pois, como se verifica na Tabela 2, o ciclo hidrológico ocorre de forma muito variável e dinâmica.

Para satisfazer à demanda de água, a humanidade tem modificado o ciclo hidrológico desde o início de sua história, mediante construção de poços, de barragens, de açudes, de aquedutos, de sistemas de abastecimento, de sistemas de drenagem, de projetos de irrigação e de outras estruturas. Os governos e entidades públicas investem vultosos recursos para implementar e manter essas instalações. No entanto, apesar dessas iniciativas, em 1995, aproximadamente 20% dos 5,7 bilhões de habitantes da Terra sofriam com a falta de um sistema de abastecimento confiável de água e, além disso, mais de 50% da população não dispunha de um sistema adequado de instalações sanitárias ([Organización Meteorológica Mundial, 1997](#)).

Tabela 2. Período de renovação da água em diferentes reservatórios na Terra.

Reservatórios	Período médio de renovação
Oceanos	2500 anos
Água subterrânea	1400 anos
Umidade do solo	1 ano
Áreas permanentemente congeladas	9700 anos
Geleiras em montanhas	1600 anos
Solos congelados	10.000 anos
Lagos	17 anos
Pântanos	5 anos
Rios	16 dias
Biomassa	algumas horas
Vapor d'água na atmosfera	8 dias

Fonte: [Shiklomanov, 1997](#)

As formas mais importantes de armazenamento de água doce para o uso da humanidade e dos ecossistemas, por serem de mais fácil acesso, são rios, reservatórios e lagos que representam apenas 0,27% do volume total de água doce da Terra, 93.100 km³ ([Tabela 1](#)). Entretanto, a contribuição de um único componente do ciclo hidrológico para a circulação global de água não depende apenas do volume estocado, mas, em grande parte, do seu período de renovação. Com base nos dados da [Tabela 2](#), verifica-se que o período para a renovação da água, em determinados meios, varia consideravelmente e, como a água dos rios tem um tempo de permanência muito curto em relação aos outros reservatórios, ela favorece substancialmente a elevação da taxa de renovação da água através do ciclo hidrológico.

O mesmo ocorre com o armazenamento da água na atmosfera que é de aproximadamente oito dias, isto é, no prazo de uma a duas semanas, a água que sobe à atmosfera retorna à superfície da Terra, podendo reabastecer o fluxo dos rios, a umidade do solo, as reservas de água subterrânea ou cair, diretamente, nos lagos, oceanos e outros reservatórios, renovando suas reservas e melhorando sua qualidade à medida que possibilita a diluição de seus constituintes.

Portanto, observa-se na [Figura 3](#) que, anualmente, cerca de 119.000 km³ de água são precipitados sobre os continentes dos quais, aproximadamente, 74.200 km³ evapotranspiram, retornando à atmosfera em forma de vapor, 42.600 km³ formam o escoamento superficial e 2200 km³ formam o escoamento subterrâneo. Assim, esses 42.600 km³ constituem, em média, o limite máximo de renovação dos recursos hídricos em um ano.

Efetuando-se o balanço das informações contidas na [Figura 3](#), nota-se que o ciclo hidrológico é realmente um sistema fechado. Dos 119.000 km³/ano precipitados sobre os continentes, 74.200 km³/ano (62%) retornam à atmosfera e 44.800 km³/ano (38%) escoam até os oceanos. Por sua vez, nos oceanos, o volume precipitado é de 458.000 km³/ano, e a evaporação é de 502.800 km³/ano, o que gera um excedente de vapor d'água na atmosfera de 44.800 km³/ano. Portanto, o volume de água que escoam dos continentes para os oceanos é igual ao valor que retorna dos oceanos para os continentes em forma de vapor d'água, fechando o ciclo.

Com rios renovando-se tão rapidamente, a humanidade tem acesso não somente a cerca de 2100 km³ de água estocadas nas suas calhas ([Tabela 1](#)), mas também aos valores correspondentes às suas descargas líquidas globais de longo período.

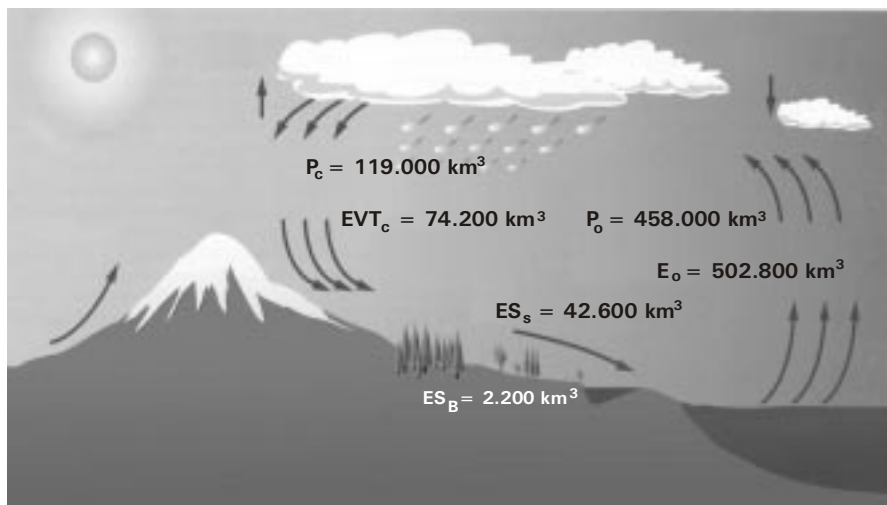


Figura 3. Ciclo hidrológico médio anual da Terra.

Fonte: Adaptado de [Shiklomanov, 1998](#).

Onde:

P_c = precipitação nos continentes;

E_{vt_c} = evapotranspiração nos continentes;

E_s = escoamento superficial;

E_{s_b} = escoamento básico ou subterrâneo;

P_o = precipitação nos oceanos;

E_o = evaporação nos oceanos.

Para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, é fundamental a determinação da quantidade de água disponível em uma dada região. Por isso, a medição regular dos principais elementos que controlam o ciclo hidrológico, quais sejam, a precipitação, a evapotranspiração, o escoamento e o armazenamento da água no solo, nos aquíferos, nas represas e nas geleiras, configura a principal base para a gestão das águas. Outro dado importante a ser considerado é a qualidade da água, pois, em função desse parâmetro, seu aproveitamento é limitado para algumas atividades. A [Tabela 3](#) apresenta uma estimativa da quantidade total de instrumentos da rede mundial de monitoramento hidrológico.

Tabela 3. Rede hidrométrica mundial.

Parâmetro Hidrológico	Instrumentos	Nº de estações
Precipitação	Pluviógrafos e pluviômetros	194.000
Evaporação	Tanques e métodos indiretos	14.000
Escoamento	Limnígrafos e limnímetros	64.000
Fluxo de sedimento	-	16.000
Qualidade da água	-	44.000
Água subterrânea	Poços de observação	146.000

Fonte: [Organización Meteorológica Mundial, 1997.](#)

Apesar da grande quantidade de instrumentos de medição, a cobertura da rede hidrométrica mundial ainda não é adequada, principalmente nos países em desenvolvimento. Na realidade, os governos e os empresários investem milhões em projetos sustentados por bases de dados frágeis, podendo inviabilizar seus empreendimentos. Entretanto, esses são, muitas vezes, incapazes de perceber que aplicando somas muito menores na geração de dados básicos confiáveis, poderiam reduzir sensivelmente seus riscos.

O valor econômico das informações hidrológicas obtidas de uma rede hidrométrica pode ser aferido por meio da redução das perdas em fenômenos hidrológicos extremos (cheias e secas), das perdas de oportunidades de uso devido à carência de conhecimento sobre seus reais potenciais de aproveitamento e do aumento da segurança de projetos e obras que serão dimensionados adequadamente, sem que haja super ou subdimensionamento de estruturas por causa de fatores hidrológicos. A relação benefício/custo dos dados e informações hidrológicas é significativamente superior a um, alcançando valores entre 6,4 e 9,3, conforme estudos feitos na Austrália e no Canadá ([Whycos, 1999](#)).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM), em colaboração com o Banco Mundial, a União Européia e outros organismos, administra o Sistema Mundial de Observação do Ciclo Hidrológico (World Hydrological Cycle Observing System - WHYCOS). É previsto, nesse projeto, acréscimo de aproximadamente mil estações à rede hidrométrica já existente que irão proporcionar dados sobre a qualidade e quantidade da água em todo o mundo, praticamente em tempo real (telemetria).

Com a utilização dos dados hidrológicos existentes, tem-se realizado estimativas do volume médio anual de todos os rios do mundo, representando a soma dos recursos hídricos superficiais da Terra. Esse volume é utilizado como o limite máximo de consumo mundial da água em um ano ([Organización Meteorológica Mundial, 1997](#)).

Pode-se observar, na Figura 4, que os volumes disponíveis para o uso humano e dos ecossistemas, nos 65 anos analisados, oscilaram entre 39.600 km³/ano e 44.500 km³/ano, sendo a média do período de 42.600 km³/ano.

Estima-se que a demanda total de água no mundo, no ano 2000, foi de 3940 km³ ([Tabela 4](#)), o que representa menos de 10% do volume total disponível. Portanto, em nível global, não há escassez hídrica, porém, a má distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos faz com que algumas áreas sofram permanentemente por falta d'água. Outro fator importante para a indicação de zonas com escassez de água está relacionado com a distribuição populacional na Terra.

Além dos dados referentes aos parâmetros do ciclo hidrológico, é fundamental o conhecimento das vazões requeridas pelos usuários e dos benefícios gerados para subsidiar a tomada de decisão dos gerenciadores dos recursos hídricos de dada localidade.

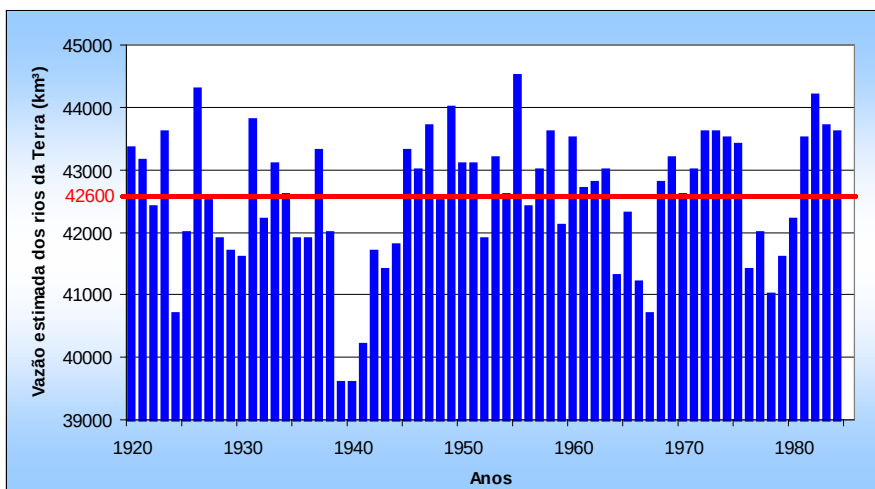


Figura 4. Variação do volume médio escoado em todos os rios do mundo

Fonte: [Shiklomanov, 1998](#).

Tabela 4. Dinâmica do uso da água no mundo por setor (km³/ano).

Setor	Calculado								Estimado		
	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
População (milhões de hab.)			2493	2963	3527	4313	5176	5520	5964	6842	8284
Área irrigada (milhões de ha)	47	76	101	142	173	200	243	254	264	288	329
Uso agrícola	525 *407	891 678	1124 856	1541 1183	1850 1405	2191 1698	2412 1907	2503 1952	2595 1996	2792 2133	3162 2377
Uso industrial	38 *3	127 10	182 14	334 25	548 38	683 62	681 73	715 80	748 87	863 111	1106 146
Abastecimento	16 *4	37 9	53 14	83 20	130 29	208 42	321 53	354 57	386 62	464 68	645 81
Reservatórios	0.3	3.7	6.5	22.7	65.9	119	164	188	211	239	275
Total	579 *415	1066 705	1365 894	1985 1250	2574 1539	3200 1921	3580 2196	3760 2275	3940 2354	4360 2550	5187 2879

* Volume de água efetivamente consumido.
Fonte: [Shiklomanov, 1997](#).

Como demonstrado nas [Figuras 5 e 6](#), obtidas da Tabela 4, para o ano de 1995, a atividade agrícola é apresentada como a responsável pela captação de cerca de 70% de toda a água utilizada no mundo. Entretanto, além de possibilitar a produção de alimentos em regiões ou períodos secos, a irrigação ainda permite a obtenção de até três safras por ano em uma mesma área onde só era possível, naturalmente, a obtenção de uma, daí a grande importância dessa prática para a produção mundial de alimentos. Um dado que comprova essa assertiva é o de que as terras irrigadas, aproximadamente 16% das terras cultivadas no mundo, são responsáveis pela produção de cerca de 40% dos alimentos ([Iturri, 1999](#)).

Em valores médios, em um ciclo da cultura feijão sob irrigação, por exemplo, produz-se cerca de 2500 kg/ha de grãos, com um consumo de 400 mm de água. Portanto, considerando esses dados, para produzir 1 kg de feijão, é necessário 1,6 m³ de água. Na cultura de trigo irrigado, para uma produtividade de 5000 kg/ha, são utilizados cerca de 500 mm de água, resultando em uma relação de 1 kg de trigo para cada 1 m³ de água utilizado. Já para a produção de 1kg de arroz, certamente há maior consumo de água que para as culturas de feijão e trigo. Segundo o “International Water Management Institute” – IWMI (citado por [Cosgrove & Rijsberman, 1999](#)), para grãos, a produtividade média da água, em termos de produção por m³ consumido, está entre 0,2 kg/m³ e 1,5 kg/m³, podendo, para fins de estimativa, ser utilizado o valor igual a 1 kg de grão por 1 m³ de água. Sendo a produção mundial de grãos de aproximada-

mente 1.970.331.000 t/ano (FAO, citado por [World ..., 1999](#)) e considerando que cerca de 40% desta produção provém de áreas irrigadas (adaptado de [Iturri, 1999](#)), pode-se estimar em cerca de 800.000.000 t/ano a safra mundial de grãos irrigados. Para que isto seja viável, segundo os dados da IWMI, são necessários, aproximadamente, 800 km³ de água por ano, volume considerável diante da estimativa de que, hoje, são consumidos, no mundo, cerca de 4000 km³ de água por ano. Cabe ressaltar, ainda, que essa estimativa tratou apenas de grãos produzidos sob irrigação.

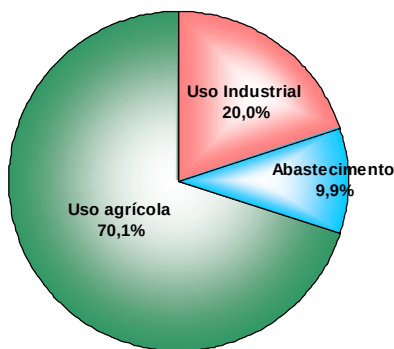


Figura 5. Distribuição do volume total de água captado por setor.

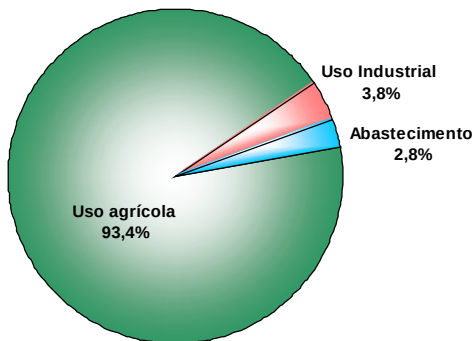


Figura 6. Distribuição do volume de água efetivamente consumido por setor.

Com base nos valores apresentados na [Tabela 4](#), nota-se que o setor agrícola é o maior consumidor de água e que, do volume total captado para esse fim, muito pouco permanece na região, sendo, em sua grande parte, transferido para a atmosfera por meio da evapotranspiração.

Com os dados da [Tabela 4](#), tem-se que, em 1995, foram captados para o uso agrícola, aproximadamente, 2503 km³, e, desse valor, 1952 km³ foram efetivamente consumidos, de forma que apenas 551 km³ dos 2503 km³ captados, em média, retornaram aos rios, ou seja, 22%. Devido à necessidade de captação de grandes volumes, 70% do total e à baixa taxa de retorno da água captada aos rios, o setor agrícola, principalmente, quanto à irrigação, é considerado o maior usuário de água entre todos os setores.

Na [Figura 7](#), pode-se notar como o volume de água utilizado pelo homem vem crescendo ao longo dos anos. No início do século XX, esse valor era de aproximadamente 580 km³/ano e, ao final do século, chega a quase 4000 km³/ano. Enquanto isso, no mesmo período, a população apresentou aumento de aproximadamente dois bilhões de habitantes, chegando a cerca de seis bilhões. Portanto, o volume de água utilizado aumentou de seis a sete vezes, enquanto a população na Terra aumentou em aproximadamente três vezes durante o século XX.

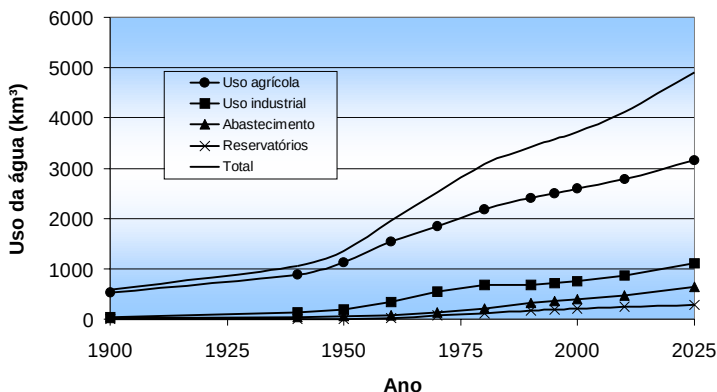


Figura 7. Evolução do volume de água utilizado por diversos setores ao longo dos anos.

Fonte: [Shiklomanov, 1997](#).

As crescentes demandas de água acarretam problemas em muitas partes do mundo. Em alguns casos, seu uso indiscriminado tem ocasionado o secamento total de rios, açudes, lagos e aquíferos subterrâneos. Lamentavelmente, grande parte da água extraída para as atividades humanas, qualquer que seja a sua fonte, é utilizada de maneira inadequada.

Na irrigação, por exemplo, cerca de 60% da água captada perde-se em decorrência da inadequação dos sistemas de distribuição e de aplicação. Ademais, a água perdida por infiltração pode elevar o nível do lençol freático, promovendo o encharcamento e a salinização de aproximadamente 20% das terras irrigadas no mundo, o que reduz consideravelmente o rendimento dos cultivos. Outra consequência da gestão deficiente dos recursos hídricos e do solo é a erosão que ocasiona perdas na produção e degrada os recursos hídricos ao introduzir grandes volumes de sedimentos nos cursos d'água. O desperdício de água, contudo, não é exclusividade da irrigação. A indústria e os sistemas de abastecimento também apresentam considerável ineficiência quanto à efetiva utilização da água ([Organización Meteorológica Mundial, 1997](#)).

Exemplos de problemas como os que vêm ocorrendo no Mar de Aral transmitem uma clara mensagem sobre o uso excessivo dos recursos hídricos. Alimentado pelos Rios Amu Daria e Syrdania, com aproximadamente 50 km³/ano, deveria ser uma das principais massas de águas interiores do mundo. Desde 1960, grande parte da vazão desses rios passou a ser derivada para a irrigação de algodão, de arroz e de outros cultivos. A situação chegou a ponto tal de superexploração que o espelho d'água do Mar de Aral já foi reduzido em aproximadamente 50% e seu nível já desceu cerca de 15 m. O resultado é

catastrófico para os habitantes dessa bacia. A indústria pesqueira desapareceu, a concentração de sais é muito elevada, tornando a água tóxica para o consumo humano e nociva para os cultivos, e a irrigação ineficaz tem causado o encharcamento e a salinização dos solos. Esses e outros problemas, como a contaminação da água pelos dejetos domésticos e industriais, acabam por caracterizar um panorama de ecossistema totalmente destruído ([Organización Meteorológica Mundial, 1997](#)).

Existem muitos outros exemplos de locais onde a falta de manejo adequado dos recursos hídricos tem causado problemas. No Norte da China, o nível das águas subterrâneas tem reduzido, em média, cerca de 1,5 m/ano. Os poços dessa região estão secando e obrigando os agricultores irrigantes a aprofundá-los ou a abandonar a agricultura irrigada para voltar a praticar a de sequeiro. Na Índia cuja população superou 1 bilhão de habitantes em 1999, o bombeamento da água subterrânea tem sido tão intenso que especialistas estimam que a produção de grãos naquele país deverá ser reduzida em mais de 25%, como resultado do rebaixamento dos níveis de seus aquíferos. Nas planícies do Sudeste dos Estados Unidos, a depleção do aquífero de Ogallala tem afetado a agricultura irrigada. Oklahoma, Kansas e Colorado vem reduzindo suas áreas irrigadas há duas décadas e o Texas, por exemplo, em aproximadamente 1% ao ano, desde 1980, devido à escassez de água. O Rio Amarelo ("Yellow River"), berço da civilização chinesa, secou pela primeira vez em 1972. Desde 1985, ele seca durante determinado período do ano. Em 1997 ele permaneceu seco durante sete meses ([Brown & Halweil, 2000](#)).

Além dos prejuízos para as práticas agrícolas, estima-se que mais de 5 milhões de pessoas morrem anualmente de doenças, vinculadas ao consumo de água contaminada, serviços sanitários inadequados e falta de higiene ([Organización Meteorológica Mundial, 1997](#)). Conflitos bélicos por causa da escassez de água são constantes em determinadas regiões do mundo. Atualmente, o mais grave é vivenciado por israelenses e palestinos cujos mananciais disponíveis dependem de acordos entre Jordânia, Síria, Líbano, Egito e Arábia Saudita. O território Palestino, sob controle de Israel desde 1967, corresponde às áreas de recarga dos aquíferos dessa região tão escassa em recursos hídricos.

Como é possível observar na [Tabela 5](#), a distribuição espacial dos recursos hídricos no mundo é muito irregular, assim como a distribuição demográfica. O dado de volume total de água de cada país não é de grande importância, pois está diretamente relacionado com a sua área geográfica. Entretanto, nota-se que a variabilidade entre os valores máximos e mínimos de recursos hídricos disponíveis é muito alta, podendo contribuir para a geração de problemas sazonais de escassez.

Tabela 5. Situação hídrica em alguns países do mundo.

País	Área (10 ³ km ²)	População (10 ³ hab)	Produção Hídrica (km ³ /ano)			Produção Hídrica	
			médio	máximo	mínimo	por área	per capita
						(m ³ /km ² .ano)	(m ³ /hab.ano)
Austrália	7680	17.900	352	701	228	45.833,3	19.664,80
Albânia	30	3410	18,6	42,9	13,1	620.000,0	5454,55
Argélia	2380	27.300	13,9			5840,3	509,16
Argentina	2.780	34.200	270	610	150	97.122,3	7894,74
Bolívia	1100	7240	361	487	279	328.181,8	49.861,88
Brasil *	8512*	157.070*	5745*	7640	5200	674.918,9*	36.575,46*
Burkina Faso	270	10.000	14,7			54.444,4	1470,00
Canadá	9980	29.100	3290	3760	2910	329.659,3	113.058,42
Chile	760	14.000	354			465.789,5	25.285,71
China	9600	1.209.000	2700	3930	1970	281.250,0	2233,25
Colômbia	1140	34.300	1200			1.052.631,6	34.985,42
Congo	2340	42.600	987	1328	786	421.794,9	23.169,01
Cuba	110	11.000	84,5			768.181,8	7681,82
Equador	280	11.200	265			946.428,6	23.660,71
Espanha	510	39.600	108	253	27,2	211.764,7	2727,27
Estados Unidos	9360	261.000	2810	3680	1960	300.213,7	10.766,28
França	550	57.800	168	263	90,3	305.454,5	2906,57
Gâmbia	10	1080	3,2			320.000,0	2962,96
Guatemala	110	10.300	116			1.054.545,5	11.262,14

Continua...

Tabela 5. Continuação..

País	Área (10 ³ km ²)	População (10 ³ hab)	Produção Hídrica (km ³ /ano)			Produção Hídrica	
			médio	máximo	mínimo	por área (m ³ /km ² .ano)	per capita (m ³ /hab.ano)
Honduras	110	5490	102			927.272,7	18.579,23
Índia	3270	919.000	1456	1794	1065	445.259,9	1584,33
Itália	300	57.200	185			616.666,7	3234,27
Jordânia	100	5200	0,96			9600,0	184,62
Jamaica	10	2430	8,3			830.000,0	3415,64
Kasaquistão	2720	17.000	70,2	111	39,3	25.808,8	4129,41
Líbano	10	3060	2,8			280.000,0	915,03
Líbia	1760	5220	5,29			3005,7	1013,41
Madagascar	590	14.300	395			669.491,5	27.622,38
Mali	1240	10.500	50			40.322,6	4761,90
Mauritânia	1030	2220	0,4			388,3	180,18
México	1970	91.900	347	645	229	176.142,1	3775,84
Marrocos	447	26.500	30			67.114,1	1132,08
Nicarágua	130	4270	175			1.346.153,8	40.983,61
Nigéria	920	109.000	274	437	148	297826,1	2513,76
Nova Zelândia	270	3500	313	405	246	1.159.259,3	89.428,57
Paquistão	810	137.000	85	140	48	104.938,3	620,44
Panamá	80	2580	144			1.800.000,0	55.813,95
Peru	1280	23.300	1100			859.375,0	47.210,30

Continua...

Tabela 5. Continuação..

País	Área (10 ³ km ²)	População (10 ³ hab)	Produção Hídrica (km ³ /ano)			Produção Hídrica	
			médio	máximo	mínimo	por área	<i>per capita</i>
						(m ³ /km ² .ano)	(m ³ /hab.ano)
Polônia	310	38.300	49,5			159.677,4	1292,43
Portugal	90	9830	18,5	157	15,2	205.555,6	1881,99
Rússia	17.080	148.000	4059	4541	3533	237.646,4	27.425,68
Senegal	200	8100	17,4			87.000,0	2148,15
Sudão	2510	27.400	22			8764,9	802,92
Suriname	160	420	230			1.437.500,0	547.619,05
Suécia	450	8740	164			364.444,4	18.764,30
Tailândia	510	58.200	199			390.196,1	3419,24
Tunísia	160	8730	3,52			22.000,0	403,21
Uruguai	180	3170	68			377.777,8	21.451,10
Uzbequistão	450	20.300	9,52	19,7	4,98	21.155,6	468,97

* Fonte: [Freitas \(ed.\), 1999](#).Fonte: Adaptado de [Shiklomanov, 1998](#) (exceto dados referentes ao Brasil).

Na análise dos dados de produção hídrica por unidade de área de cada país, são facilmente perceptíveis as grandes diferenças existentes na distribuição geográfica dos recursos hídricos. Tais valores, nos dados apresentados, variaram de 388,3 m³/km².ano na Mauritânia a 1.800.000 m³/km².ano no Panamá. O mesmo ocorre com a disponibilidade de recursos hídricos por habitante em cada região. Tanto a má distribuição espacial dos recursos hídricos quanto a da população sobre a Terra acabam gerando os mais diferentes cenários. Há situações em que a escassez hídrica decorre da baixa disponibilidade de água na região em dado momento e, em outros, mesmo havendo alta disponibilidade, a escassez é decorrente da excessiva demanda de utilização desses recursos.

O conceito de estresse hídrico está baseado nas necessidades mínimas de água *per capita* para manter uma qualidade de vida adequada em regiões moderadamente desenvolvidas situadas em zonas áridas. A definição baseia-se no pressuposto de que 100 litros diários (36,5 m³/ano) representam o requisito mínimo para suprir as necessidades domésticas e manutenção de um nível adequado de saúde ([Beekman, 1999](#)).

Segundo [Beekman \(1999\)](#), a experiência tem demonstrado que países em desenvolvimento e relativamente eficientes no uso da água requerem entre 5 a 20 vezes o valor de 36,5 m³/hab.ano para satisfazer também às necessidades da agricultura, indústria, geração de energia e outros usos. Baseado nessas determinações, foram definidos patamares específicos de estresse hídrico ([Tabela 6](#)).

Com base nos valores das [Tabelas 5 e 6](#), pode-se observar que muitos países já apresentam patamares de disponibilidade hídrica por habitante correspondentes a um quadro de escassez. Os países que se encontram com os piores índices são a Mauritânia, a Jordânia, a Tunísia e o Uzbequistão, com volumes abaixo de 500 m³/hab.ano e a Argélia, o Paquistão e o Líbano, com disponibilidade hídrica entre 500 e 1000 m³/hab.ano.

Tabela 6. Patamares específicos de estresse hídrico.

Volume disponível <i>per capita</i> m³/hab.ano	Situação
> 1700	- Apenas ocasionalmente tenderá a sofrer problemas de falta d'água.
1000 - 1700	- O estresse hídrico é periódico e regular.
500 - 1000	- A região está sob o regime de crônica escassez de água; - Nesses níveis, a limitação na disponibilidade começa a afetar o desenvolvimento econômico, o bem-estar e a saúde.
< 500	- Considera-se que a situação corresponde à escassez absoluta.

Fonte: [Beekman, 1999](#).

Recursos hídricos no Brasil*

Com uma área de 8.512.000 km² e cerca de 157 milhões de habitantes, o Brasil é hoje o quinto país do mundo em extensão territorial e em população. Com dimensões continentais, os contrastes existentes quanto ao clima, à distribuição populacional, ao desenvolvimento econômico e social, entre outros fatores, são muito grandes, fazendo com que o país apresente os mais variados cenários.

Como se pode observar, o Brasil tem uma posição privilegiada perante a maioria dos países quanto ao seu volume de recursos hídricos ([Tabela 5](#)). Porém, como se observa na [Tabela 7](#), mais de 73% da água doce produzida no País encontra-se na bacia Amazônica que é habitada por menos de 5% da população. Portanto, apenas 27% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para 95% da população.

Fato importante a ser esclarecido é a diferença entre a produção hídrica brasileira e a sua disponibilidade hídrica. Como se observa na [Tabela 7](#), a produção hídrica da Bacia Amazônica, de 133.380 m³/s, refere-se apenas ao incremento de vazão gerado em território brasileiro. Visto que essa bacia tem suas nascentes em

* Adaptado de [Lima, 2000](#). In: [Setti et al., 2001](#).

outros países, a disponibilidade hídrica no território brasileiro é igual à soma da água que vem desses países para o Brasil, mais sua produção. A vazão média da Bacia Amazônica é estimada em 209.000 m³/s em sua foz ([Molinier et al., 1994](#)). Portanto, a disponibilidade hídrica total da Bacia Amazônica brasileira é de 209.000 m³/s (6591 km³/ano), enquanto sua produção hídrica é de 133.380 m³/s (4206 km³/ano). Nas outras bacias transfronteiriças, não é necessário fazer esse tipo de correção, pois suas nascentes ficam em território brasileiro. Sendo assim a disponibilidade hídrica brasileira é de 257.790 m³/s (8130 km³/ano), 19% dos recursos hídricos disponíveis no mundo (42.600 km³/ano).

A idéia de abundância serviu durante muito tempo como suporte à cultura do desperdício da água disponível, à não-realização dos investimentos necessários para seu uso e proteção mais eficientes e à sua pequena valorização econômica.

Os problemas de escassez hídrica no Brasil decorrem, fundamentalmente, da combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas. Esse quadro é conseqüência do aumento desordenado dos processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola, verificado a partir da década de 1950.

O crescimento demográfico brasileiro associado às transformações por que passou o perfil da economia do País refletiu-se de maneira notável sobre o uso de seus recursos hídricos na segunda metade do século.

A migração da população do campo para a cidade e a industrialização, além de exercerem significativo aumento na demanda por águas dos mananciais, também exigiram o crescimento do parque gerador de energia elétrica que, por sua vez, implicou a necessidade de construção apreciável de aproveitamentos hidrelétricos. Adicionalmente, o aumento da população demandou por maior produção de alimentos, o que veio a encontrar na agricultura irrigada o canal apropriado para satisfazer essa demanda.

Ao longo da década de 70, e de forma ainda mais intensa na de 80, a sociedade começou a despertar para as ameaças a que estaria sujeita se não mudasse de comportamento quanto ao uso de seus recursos hídricos. Nesse período, várias comissões interministeriais foram instituídas para encontrar soluções para a gestão das águas no Brasil.

Tabela 7. Informações básicas sobre as bacias hidrográficas brasileiras.

Nº	Bacia Hidrográfica	Área		População*		Densidade hab/km²	Vazão m³/s	Produção hídrica		Disponibilidade per capita m³/hab.ano
		10³ km²	%	Habitante	%			km³/ano	%	
1	Amazônica**	3900	45,8	6.687.893	4,3	1,7	133.380	4206	73,2	628.938,24
2	Tocantins	757	8,9	3.503.365	2,2	4,6	11.800	372	6,5	106.219,25
3a	Atlântico Norte/ Nordeste	1029	12,1	31.253.068	19,9	30,4	9.050	285	5,0	9.131,93
4	São Francisco	634	7,4	11.734.966	7,5	18,5	2.850	90	1,6	7.658,96
5	Atlântico Leste	545	6,4	35.880.413	22,8	65,8	4.350	137	2,4	3.823,30
6a	Paraguai**	368	4,3	1.820.569	1,2	4,9	1.290	41	0,7	22.345,45
6b	Paraná	877	10,3	49.924.540	31,8	56,9	11.000	347	6,0	6.948,41
7	Uruguai**	178	2,1	3.837.972	2,4	21,6	4.150	131	2,3	34.099,88
8	Atlântico Sudeste	224	2,6	12.427.377	7,9	55,5	4.300	136	2,4	10.911,78
	Brasil	8512	100	157.070.163	100	18,5	182.170	5745	100	36.575,46

* [Anuário..., 1996.](#)

** Produção hídrica apenas em território brasileiro.

Fonte: [Informações..., 1999.](#)

Apesar de a legislação sobre o direito das águas vigorar desde 1934, o Código de Águas, não foi capaz de incorporar meios para combater o desconforto hídrico, a contaminação das águas e os conflitos de uso, tampouco de promover uma gestão descentralizada e participativa, exigências atuais. Foi exatamente para preencher essa lacuna que foi promulgada a Lei nº 9.433 de janeiro de 1997 cujo projeto foi exaustivamente debatido durante os anos 80 e 90.

No que concerne aos princípios básicos da Lei nº 9.433/1997, destaca-se ([Brasil, 1999](#)):

- a) A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, pois, tendo-se os seus limites como base para definir o perímetro da área a ser planejada, fica mais fácil fazer o confronto entre as disponibilidades e as demandas, essencial para o estabelecimento do balanço hídrico;
- b) O princípio dos usos múltiplos da água que coloca todas as categorias usuárias em igualdade de condições ao acesso a esse recurso natural. No Brasil, tradicionalmente, o setor elétrico atuava como único agente do processo de gestão dos recursos hídricos superficiais, ilustrando a clara assimetria de tratamento conferida pelo poder central, durante a primeira metade do século XX, favorecendo esse setor em detrimento das demais categorias usuárias da água. O rápido crescimento da demanda por outros usos da água fez com que a necessidade de implementação deste princípio fosse ressaltada;
- c) O reconhecimento da água como bem finito e vulnerável serve de alerta para a necessidade de se adotar medidas para sua conservação e preservação;
- d) O reconhecimento do valor econômico da água serve de base para a instituição da cobrança pela utilização dos recursos hídricos, configurando importante indutor de seu uso racional; e,
- e) A gestão descentralizada e participativa enseja aos usuários, à sociedade civil organizada, às ONGs e a outros agentes interessados a possibilidade de influenciar no processo de tomada de decisão sobre recursos hídricos.

Ainda são aspectos relevantes da Lei nº 9.433/97 o estabelecimento de cinco instrumentos de política para o setor ([Brasil, 1999](#)):

- a) Os Planos de Recursos Hídricos que são os documentos programáticos para o setor no espaço de cada bacia. Trata-se de trabalho de profundidade, não só de atualização das informações regionais que influenciam a tomada de decisão na região da bacia hidrográfica, mas que também procura definir, com clareza, a repartição das vazões entre os usuários;
- b) O enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes é extremamente importante para se estabelecer um sistema de vigilância sobre os níveis de qualidade da água dos mananciais. Esse instrumento favorece a ligação entre a gestão da quantidade e da qualidade da água;
- c) A outorga de direito de uso dos recursos hídricos é o mecanismo pelo qual o usuário recebe autorização ou concessão para fazer uso da água. A outorga de direito, juntamente com a cobrança pelo uso da água, constitui relevante elemento para o controle do uso dos recursos hídricos, contribuindo também para a disciplina desse uso;
- d) A cobrança pelo uso da água, essencial para criar as condições de equilíbrio entre as forças da oferta (disponibilidade da água) e da demanda, promovendo, em consequência, a harmonia entre os usuários competidores, ao mesmo tempo em que também promove a redistribuição dos custos sociais, a melhoria da qualidade dos efluentes lançados, além de ensejar a formação de fundos financeiros para o setor;
- e) O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, destinado a coletar, organizar, criticar e difundir a base de dados relativa aos recursos hídricos, seus usos, o balanço hídrico de cada manancial e de cada bacia, provendo os gestores, os usuários, a sociedade civil e outros segmentos interessados, com as condições necessárias para opinar no processo decisório ou mesmo para tomar suas decisões.

Para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, criou-se, por meio da Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000, a Agência Nacional de Águas – ANA, a qual caberá a implantação e aplicação da Lei Nº 9.433, de janeiro de 1997, segundo seus princípios, instrumentos de ação e seu arranjo institucional previstos (Conselho Nacional de Recursos Hídricos, comitês de bacias hidrográficas, agências de água e os órgãos e entidades do serviço público federal, estadual e municipal).

Pode-se notar que o setor de recursos hídricos no Brasil está ganhando importância e despertando o interesse da sociedade, não apenas pelas constantes discussões em nível governamental, mas pela própria mídia, que constantemente tem abordado o tema. Só o fato da abertura dos problemas para a reflexão e debate por parte de técnicos e de toda a sociedade, já é um grande avanço para que o País, futuramente, tenha um modelo sustentável de desenvolvimento no que diz respeito ao aproveitamento da água.

Na atualidade brasileira, é evidente o crescimento do número de conflitos entre os diversos usuários dos recursos hídricos. Exemplos em grande escala podem ser observados na Bacia do Rio São Francisco, onde se mostra preocupante a relação entre a capacidade de suporte dos rios e as projeções da demanda de água para a irrigação, para a navegação, para o projeto de transposição, para o abastecimento humano e de animais e para a manutenção dos atuais aproveitamentos hidrelétricos. No Sudeste, evidenciam-se os conflitos pela utilização das águas dos Rios Paraíba do Sul, Piracicaba e Capivari, para citar apenas alguns casos. No Sul, a enorme demanda para a irrigação de arrozais e a degradação da qualidade da água, principalmente em regiões de uso agropecuário intenso, são os casos mais visíveis.

Conforme citado, a existência de uma rede hidrométrica bem distribuída para a elaboração de um banco de dados consistente e confiável é fundamental para a gestão dos recursos hídricos.

Atualmente, a administração da principal rede de estações hidrométricas nacional encontra-se em processo de transferência da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, para a Agência Nacional de Águas – ANA. Portanto, além da rede hidrométrica, a ANA também passa a ser, a partir de 2002, responsável pelo gerenciamento do banco de dados gerado por essa rede ([Tabela 8](#)).

Os dados obtidos da rede hidrométrica apresentada servem de base para estudos dos parâmetros do ciclo hidrológico e suas variações no tempo e espaço, bem como para projetos de engenharia e estudos ambientais. O conhecimento das vazões requeridas pelos diferentes usuários da água de cada região e bacia, também são fundamentais para subsidiar as tomadas de decisão referentes ao aproveitamento dos recursos hídricos.

Tabela 8. Distribuição da rede de estações hidrométricas sob gestão da ANA.

Bacia	Área (10 ³ km ²)	Pluviometria		Fluviometria		Sedimentometria		Qualidade da Água	
		Quant.	(km ² /Est)	Quant.	(km ² /Est)	Quant.	(km ² /Est)	Quant.	(km ² /Est)
Amazônica	3.900	352	11.080	243	16.049	57	68.421	57	68.421
Tocantins	757	182	4.159	94	8.053	16	47.313	16	47.313
Atlântico Norte/Nordeste	1.029	234	4.397	193	5.332	40	25.725	42	24.500
São Francisco	634	237	2.675	169	3.751	32	19.813	32	19.813
Atlântico Leste	545	392	1.390	317	1.719	73	7.466	71	7.676
Paraná/Paraguai	1.245	572	2.177	347	3.588	118	10.551	121	10.289
Uruguai	178	122	1.459	84	2.119	47	3.787	47	3.787
Atlântico Sudeste	224	169	1.325	109	2.055	44	5.091	44	5.091
Brasil	8.512	2.260	3.766	1.556	5.470	427	19.934	430	19.795

Fonte: [Informações ..., 1999.](#)

Sendo o setor de agricultura irrigada o maior usuário dos recursos hídricos em todo o mundo e o Brasil um país com grande potencial de seu uso para a produção de alimentos, o acompanhamento de seu desenvolvimento, nas diferentes regiões é fundamental para a prospecção da demanda e solução de eventuais conflitos.

Segundo [Christofidis \(1999\)](#), no Brasil os solos aptos à irrigação no Brasil totalizam aproximadamente 29,6 milhões de hectares quando somadas as áreas em terras altas (16,1 milhões de hectares) com as das várzeas (13,5 milhões de hectares). Entretanto, atualmente, menos de 10% dessas áreas vêm sendo exploradas, 2,87 milhões de hectares, demonstrando seu potencial, não só de expansão, como também de geração e ampliação de conflitos pelo uso da água.

A Figura 8 e a [Tabela 8](#), a seguir, apresentam a evolução da área irrigada no Brasil desde 1950, e a demanda de água estimada para o ano de 1998, por Estado, respectivamente.

O acompanhamento e o controle de informações, como as expostas na [Tabela 9](#), para a prática de irrigação e para outros usos, formam a base para uma adequada gestão dos recursos hídricos em dada região.

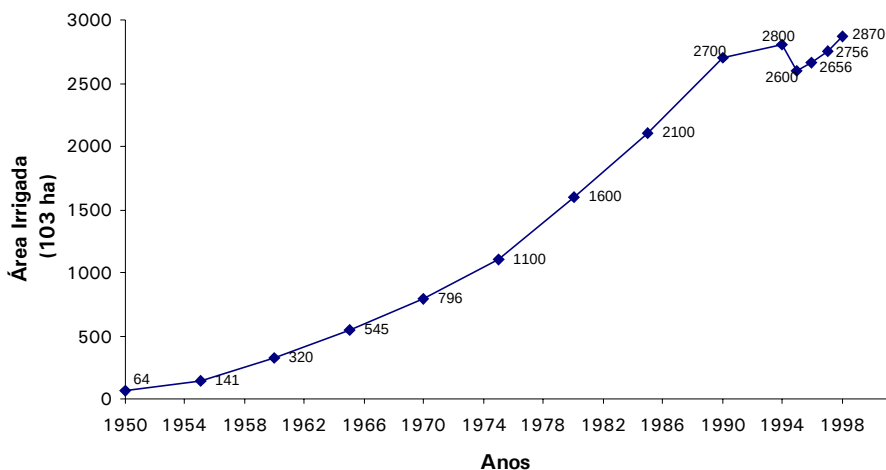


Figura 8. Evolução das áreas irrigadas no Brasil.

Fonte: Christofidis, In: [Lima et al., 1999](#).

Tabela 9. Demanda anual de água para irrigação no Brasil, por regiões e Estados – 1998.

Região/Estado	Área irrigada (hectares)	Água derivada dos mananciais (mil m ³ /ano)	Água consumida pelos cultivos (mil m ³ /ano)	Água derivada dos mananciais (m ³ /ha.ano)	Água consumida pelos cultivos (m ³ /ha.ano)	Eficiência de irrigação %
Norte	86.660	836.900	461.320	9.657	5.323	55,1
Rondônia	2230	20.168	11.536	9044	5173	57,2
Acre	660	6137	3332	9298	5049	54,3
Amazonas	1710	21.466	12.107	12.553	7080	56,4
Roraima	5480	63.966	35.428	11.545	6465	56,0
Pará	6850	86.461	46.169	12.622	6740	53,4
Amapá	1840	18.799	10.922	10.217	5936	58,1
Tocantins	67.890	619.903	341.826	9131	5035	55,1
Nordeste	495.370	8.114.586	5.340.146	16.380	10.780	65,8
Maranhão	44.200	815.446	499.283	18.449	11.296	61,2
Piauí	24.300	445.929	272.257	18.351	11.204	61,1
Ceará	82.400	1.426.014	922.633	17.306	11.197	64,7
Rio Grande do Norte	19.780	310.961	221.556	15.721	11.201	71,2
Paraíba	32.690	471.521	333.798	14.424	10.211	70,8
Pernambuco	89.000	1.619.355	1.046.640	18.195	11.760	64,6
Alagoas	8950	155.014	102.495	17.320	11.452	66,1
Sergipe	25.840	427.600	293.026	16.548	11.340	68,5
Bahia	168.210	2.442.746	1.648.458	14.522	9800	67,5

Continua...

Tabela 9. Continuação.

Região/Estado	Área irrigada (hectares)	Água derivada dos mananciais (mil m³/ano)	Água consumida pelos cultivos (mil m³/ano)	Água derivada dos mananciais (m³/ha.ano)	Água consumida pelos cultivos (m³/ha.ano)	Eficiência de irrigação %
Sudeste	890.974	9.497.223	6.223.402	10.659	6.985	65,5
Minas Gerais	293.400	3.429.553	2.055.560	11.689	7006	59,9
Espírito Santo	65.774	620.775	411.088	9438	6250	66,2
Rio de Janeiro	76.800	1.121.050	639.974	14.597	8333	57,1
São Paulo	445.000	4.325.845	3.116.780	9721	7004	72,1
Sul	1.195.440	13.696.405	8.521.624	11.457	7128	62,2
Paraná	62.300	615.088	411.180	9873	6600	66,9
Santa Catarina	134.340	1.660.039	934.066	12.357	6953	56,3
Rio Grande do Sul	998.800	11.421.278	7.176.378	11.435	7185	62,8
Centro-Oeste	201.760	1.602.183	492.667	7941	2442	30,8
Mato Grosso do Sul	61.400	505.322	303.009	8230	4935	60,0
Mato Grosso	12.180	89.620	58.647	7358	4815	65,4
Goiás	116.500	914.525	62.741	7850	5354	68,2
Distrito Federal	11.680	92.716	68.270	7938	5845	73,6
Brasil	2.870.204	33.777.297	21.039.159	11.768	7330	62,3

Fonte: Christofidis, In: [Lima et al., 1999](#).

Segundo dados da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal ([Brasil, 1998](#)), atualmente, 49% do esgoto sanitário produzido no Brasil é coletado e, desse percentual, apenas 32% é tratado. O nível de abastecimento de água dos domicílios urbanos é de aproximadamente 91% de forma que mais de 11 milhões de pessoas, residentes nas cidades, ainda não têm acesso à água potável. O abastecimento de água encanada na zona rural só atinge 9% da população, porém, grande parte dos habitantes dessas áreas utilizam poços e nascentes para seu consumo. Diante desse quadro, é importante ressaltar que a ausência de abastecimento de água potável e de coleta de esgotos sanitários são as principais causas das altas taxas de doenças intestinais e outras. Segundo o Ministério da Saúde, 65% das internações hospitalares resultam da inadequação dos serviços e das ações de saneamento, sendo a diarreia responsável, anualmente, por aproximadamente 50 mil mortes de crianças no Brasil ([Silva & Alves, 1999](#)).

Estima-se que o desperdício de água no Brasil possa chegar a 45% do volume ofertado à população, o que representa cerca de 3,78 bilhões de metros cúbicos de água por ano. Adotando-se uma redução de 20 pontos percentuais, valor considerado razoável, ou seja, uma meta de 25% de perdas, aproximadamente 2,1 km³/ano, poder-se-ia economizar cerca de R\$ 1,02 bilhão por ano. Toda essa quantidade poderia estar sendo utilizada para a expansão e a melhoria da rede atual (Adaptado de [Brasil, 1998](#)). Portanto, segundo os dados apresentados, o volume de água distribuída para o abastecimento no Brasil é de aproximadamente 8,4 km³/ano.

No setor energético, a geração hidrelétrica garante a produção de aproximadamente 91% da eletricidade consumida no Brasil ([Freitas & Coimbra, 1998](#)). O potencial hidrelétrico brasileiro é de aproximadamente 260 GW dos quais encontram-se em operação apenas 22% (57 GW), o que significa que o País ainda tem grandes possibilidades de expansão nesse setor ([ELETROBRAS, 1999](#)).

Mesmo não implicando consumo efetivo da água, seu uso para a geração de energia elétrica interfere no volume que pode ser destinado a outros fins e, como os usos consuntivos, criam toda sorte de externalidades. A geração de energia elétrica requer a manutenção de uma vazão média estável que permita a continui-

dade do fornecimento de uma quantidade determinada de eletricidade ao sistema distribuidor. Se o projeto hidrelétrico levar em consideração as demais possibilidades de utilização da água, poderá ser genericamente benéfico, justamente por regularizar a vazão. Outras fontes energéticas poderiam ser aproveitadas, como no caso da termoeletricidade e da energia eólica no Vale do São Francisco. Nessa região, como consequência das características climáticas, durante o período mais seco do ano, a capacidade hidrelétrica é reduzida, e o potencial de produção de energia eólica é máximo, oferecendo-se como alternativa de substituição ou complementação, reduzindo as pressões sobre os recursos hídricos.

No Brasil, por iniciativa do governo federal, algumas obras que beneficiam a navegação interior foram ou estão sendo realizadas, em consonância com os programas de investimento do setor de transportes. Cabe destacar as Bacias dos Rios Tietê e Paraná e as dos Rios Jacuí e Taquari no Estado do Rio Grande do Sul. Em termos de custo e de capacidade de carga, o transporte hidroviário é cerca de oito vezes mais barato que o rodoviário e três vezes menor que o ferroviário ([Godoy & Vieira, 1999](#)).

Estudos atuais estimam que a quantidade total de água, demandada pelo setor industrial, é de 139 m³/s, o que corresponde a um volume de aproximadamente 4,4 km³/ano ([Brasil, 1998](#)).

Segundo os dados supracitados, relativos aos setores que utilizam a água de forma consuntiva, tem-se:

Tabela 10. Situação atual das captações de água doce no Brasil por setor.

Setor	Volume captado (km ³ /ano)	%
Agrícola (irrigação) *	33,8	72,5
Abastecimento * *	8,4	18,0
Industrial * *	4,4	9,5
Total	46,6	100,0

* [Christofidis, 1999](#).

** Adaptado de [Brasil, 1998](#).

Fonte: [Lima, 2000](#).

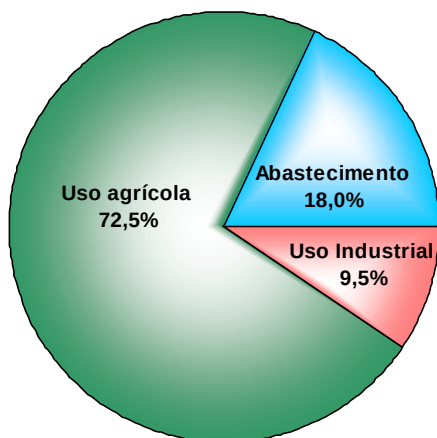


Figura 9. Situação estimada atual das captações de água doce no Brasil por setor.
Fonte: [Lima, 2000.](#)

A [Tabela 11](#) apresenta informações mais detalhadas sobre a disponibilidade e a demanda hídrica nos diferentes estados brasileiros. É importante ressaltar que quanto menor for a escala de trabalho tanto mais detalhes serão necessários para a gestão dos recursos hídricos disponíveis. Um problema muito comum em projetos e estudos hidrológicos é que, na ausência de dados locais na escala necessária, utilizam-se dados regionalizados ou até gerais, quando o ideal seria a obtenção desses *in loco*. A consequência disso é que as incertezas aumentam significativamente os riscos de insucesso dos resultados obtidos.

Analizando-se a [Tabela 11](#) em relação aos patamares específicos de escassez hídrica apresentados na [Tabela 6](#), observa-se que nenhum estado brasileiro está sob regime de crônica escassez de água. Porém, seis deles encontram-se com sua disponibilidade hídrica entre 1000 e 1700 m³/hab.ano, o que configura situação de risco de ocorrência de estresse hídrico periódico ou regular. Ainda existem quatro estados com tendências a sofrer ocasionalmente problemas de falta d'água.

Tabela 11. Disponibilidade hídrica e utilização dos recursos hídricos por estado brasileiro.

Estados	Potencial hídrico* (km³/ano)	População** (habitantes)	Densidade (hab/km²)	Disponibilidade per Capita (m³/hab.ano)	Utilização total*** (m³/hab.ano)	Utilização no Estado (km³/ano)	Nível de Utilização (%)
Rondônia	150,2	1.229.306	5,81	122.183	44	0,054	0,04
Acre	154,0	483.593	3,02	318.450	95	0,046	0,03
Amazonas	1848,3	2.389.279	1,5	773.581	80	0,191	0,01
Roraima	372,3	247.131	1,21	1.506.488	92	0,023	0,01
Pará	1124,7	5.510.849	4,43	204.088	46	0,253	0,02
Amapá	196,0	379.459	2,33	516.525	69	0,026	0,01
Tocantins	122,8	1.048.642	3,66	117.104			
Maranhão	84,7	5.222.183	15,89	16.219	61	0,319	0,38
Piauí	24,8	2.673.085	10,92	9278	101	0,270	1,09
Ceará	15,5	6.809.290	46,42	2276	259	1,764	11,38
R.G.do Norte	4,3	2.558.660	49,15	1681	207	0,530	12,32
Paraíba	4,6	3.305.616	59,58	1392	172	0,569	12,36
Pernambuco	9,4	7.399.071	75,98	1270	268	1,983	21,10
Alagoas	4,4	2.633.251	97,53	1671	159	0,419	9,52
Sergipe	2,6	1.624.020	73,97	1601	161	0,261	10,06
Bahia	35,9	12.541.675	22,6	2862	173	2,170	6,04
M.Gerais	193,9	16.672.613	28,34	11.630	262	4,368	2,25
E.Santo	18,8	2.802.707	61,25	6708	223	0,625	3,32
R.Janeiro	29,6	13.406.308	305,35	2208	224	3,003	10,15
São Paulo	91,9	34.119.110	137,38	2694	373	12,726	13,85
Paraná	113,4	9.003.804	43,92	12.595	189	1,702	1,50
Sta.Catarina	62,0	4.875.244	51,38	12.717	366	1,784	2,88
R.G.do Sul	190,0	9.634.688	34,31	19.720	1015	9,779	5,15
M.G.do Sul	69,7	1.927.834	5,42	36.155	174	0,335	0,48
M.Grosso	522,3	2.235.832	2,62	233.604	89	0,199	0,04

Continua...

Tabela 11. Continuação..

Estados	Potencial hídrico* (km³/ano)	População** (habitantes)	Densidade (hab/km²)	Disponibilidade <i>per Capita</i> (m³/hab.ano)	Utilização total* ** (m³/hab.ano)	Utilização no Estado (km³/ano)	Nível de Utilização (%)
Goiás	283,9	4.514.967	12,81	62.880	177	0,799	0,28
D.Federal	2,8	1.821.946	303,85	1.537	150	0,273	9,76
Brasil	5732,8	157.070.163	18,5	36.498	283.13	44,5	0,78

* DNAEE, citado por [Rebouças, 1999](#);

** Anuário Estatístico do Brasil, citado por [Rebouças, 1999](#);

*** Rebouças et al., citado por [Rebouças, 1999](#).

Fonte: [Rebouças, 1999](#).

Tabela 12. Situação dos 10 Estados brasileiros em pior situação quanto à disponibilidade de recursos hídricos por habitante.

Nº	Estado	Disponibilidade*(per capita) (m³/hab.ano)	Situação**
1	Pernambuco	1270	- O estresse hídrico é periódico e regular.
2	Paraíba	1392	
3	D. Federal	1537	
4	Sergipe	1601	
5	Alagoas	1671	
6	R.G. do Norte	1681	
7	Rio de Janeiro	2208	- Apenas ocasionalmente tenderá a sofrer problemas de falta d'água.
8	Ceará	2276	
9	São Paulo	2694	
10	Bahia	2862	

* Quadro 3.17 – [Rebouças et al., 1999](#).

** Quadro 3.13 – [Beekman, 1999](#).

Fonte: [Lima, 2000](#).

Águas subterrâneas no Brasil^(*)

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: a) sistemas porosos (rochas sedimentares); b) sistemas fissurados (rochas cristalinas e cristalofilianas); c) sistemas cársticos (rochas carbonáticas com fraturas e outras descontinuidades submetidas a processos de dissolução cárstica).

A utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, e as indicações são de que essa tendência deva continuar. A comprovar esse fato, temos um crescimento contínuo do número de empresas privadas e órgãos públicos com atuação em pesquisa e na captação de recursos hídricos subterrâneos.

As águas subterrâneas, mais do que uma reserva, devem ser consideradas um meio para acelerar o desenvolvimento econômico e social de determinadas regiões. 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 sistemas aquíferos e a qualidade de suas águas é primordial para o estabelecimento de política de gestão das águas subterrâneas.

A exploração da água subterrânea está condicionada a três fatores ([Leal, 1999](#)):

- a) Quantidade, intimamente ligada à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos;
- b) Qualidade, influenciada pela composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas;
- c) Econômico que depende da profundidade do aquífero e das condições de bombeamento.

^{*} Adaptado de [Leal, 1999](#). In: [Setti et al., 2001](#).

Tabela 13. Reservas de águas subterrâneas e vazão de poços no Brasil.

Domínios Aquíferos	Áreas (km²)	Sistemas aquíferos principais	Volumes estocados (km³)	Intervalo de vazão do poço (m³/h)
Substrato aflorante	600.000	Zonas fraturadas	80	< 5
Substrato alterado	4.000.000	Manto de intemperismo e/ou fraturas	10.000	5 - 10
Bacia sedimentar Amazonas	1.300.000	Depósitos clásticos	32.500	10 – 400
Bacia sedimentar São Luís - Barreirinhas	50.000	São Luís e Itapecuru	250	10 - 150
Bacia sedimentar do Maranhão (Parnaíba)	700.000	Corda - Grajaú, Motuca, Poti - Piauí, Cabeças e Serra Grande	17.500	10 – 1000
Bacia Sedimentar Potiguar - Recife	23.000	Grupo Barreiras, Jandaíra, Açu e Beberibe	230	5 - 550
Bacia sedimentar Alagoas - Sergipe	10.000	Grupo Barreiras Muribeca	100	10 - 350
Bacia Sedimentar Jatobá - Tucano-Recôncavo	56.000	Marizal, São Sebastião, Tacatu	840	10 - 500
Bacia sedimentar Paraná (Brasil)	1.000.000	Bauru - Caiuá, Serra Geral, Botucatu - Pirambóia - Rio do Rastro, Aquidauana	50.400	10 - 700
Depósitos diversos	773.000	Aluviões, dunas (Q)	411	2 - 40
Total	8.512.000		112.311	

Fonte: Rebouças, In: [Rebouças et al., 1999](#).

Estima-se que existam mais de 200.000 poços para captação de água subterrânea no Brasil e que a principal utilização desse recurso seja para o abastecimento público (Leal, 1999).

Segundo Rebouças et al. (1999), não há o devido controle da utilização das águas subterrâneas no País, dificultando a caracterização de seu uso. Entretanto, dados do censo do IBGE (citado por Rebouças et al., 1999) mostraram que cerca de 61% da população é abastecida com água subterrânea, sendo 43% por meio de poços tubulares, 12% de fontes ou nascentes e 6% de poços escavados ou cacimbões. Outros dados que demonstram a importância dessa fonte é que cidades como São Luís (MA), Natal e Mossoró (RN), Maceió (AL) e cerca de 76% das cidades do Estado de São Paulo, 90% das cidades do Paraná e Rio Grande do Sul são abastecidas por poços.

Considerações Finais

Conforme explicitado neste trabalho, o principal objetivo foi o de apresentar dados e informações gerais sobre a situação dos recursos hídricos no mundo e no Brasil. Espera-se colaborar com a difusão de conhecimentos para que a população brasileira passe a exercer adequadamente sua função de agente ativo do processo de gestão de recursos hídricos, previsto na Lei Nº 9.433, de janeiro de 1997, a “Lei das Águas” do Brasil.

Referências Bibliográficas

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, v. 56, 1996.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. Brasília: IICA, 1999. 64 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Secretaria de Recursos Hídricos. **Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997**: Política Nacional de Recursos Hídricos. 2. ed. Brasília, 1999. 37 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. Secretaria de Recursos Hídricos. **Water resources in Brazil**, Brasília, 1998. 87 p.

BROWN, L. R.; HALWEIL, B. **Populations outrunning water supply as world hits 6 billion**, 1999. Disponível em: <<http://www.worldwatch.org>>. Acesso em 10 mar. 2000.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil**. Brasília: CDS/UnB, 1999. 19 p.

COSGROVE, W. J.; RIJSBERMAN, F. R. (Ed.). **World water vision: report**. [S.l.]: World Water Vision, 1999. 99 p.

DEMANBORO, A. C.; MARIOTON, C. A. O conceito de escala e o desenvolvimento sustentável: implicações sobre os recursos hídricos e energéticos. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, 1999. p. 71–88.

ELETROBRÁS. **Relatório anual do GTIB**. Rio de Janeiro, 1999. 53 p.

FREITAS, M. A. V. **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: ANEEL: SRH: OMM, 1999. 334 p.

FREITAS, M. A. V.; COIMBRA, R. M. Perspectivas da hidrometeorologia no Brasil. In: **TÓPICOS em hidrometeorologia no Brasil**. [S.l.]: INMET: GHF-Ambiental: Sociedade Brasileira de Meteorologia: ANEEL, 1998. 1 CD ROM.

GODOY, P. R. C.; VIEIRA, A. P. Hidrovias interiores. In: FREITAS, M. A. V. **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: ANEEL: SRH: OMM, 1999. p 51–72.

HOFWEGEN, P. van.; SVENDSEN, M. **A vision of water for food and rural development**. [S.l.]: CEMAGREF; DVWK; FAO; HR Wallingford UK; ICID; ILRI; IPTRID; McGill University Canada; Wageningen Agricultural University; World Bank, 1999. 77 p. 2nd. draft.

INFORMAÇÕES hidrológicas brasileiras. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em 10 nov. 1999.

ITURRI, M. P. Los recursos de agua y suelo para La agricultura y el desarrollo rural, 1999. **Revista Comuniica**, v. 4, n. 11, p. 35–50, 1999.

LEAL, A. S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e usos. In: FREITAS, M. A. V. **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: ANEEL: SRH: OMM, 1999. p. 139–164.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: ANEEL: SRH: OMM, 1999. p. 73–82.

LIMA, J. E. F. W. **Determinação e simulação da evapotranspiração de uma bacia hidrográfica do Cerrado**. 2000. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília.

MOLINIER, M.; GUYOT, J. L.; OLIVEIRA, E.; GUIMARÃES, V. S. Hidrologia da bacia do rio Amazonas. **A água em Revista**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 3, p. 31–36, 1994.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Hay suficiente agua en el mundo?** Genève: OMM; Paris: UNESCO, 1997. 22 p.

PROJEÇÃO da população da Região Centro-Oeste e Tocantins. **Correio Brasiliense**, Brasília, 28 jan. 2000. Caderno Cidades.

REBOUÇAS, A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Ed., 1999. p. 1-36.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Ed., 1999. 717 p.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL: ANA, 2001. 328 p.

SHIKLOMANOV, I. A. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world: assessment of water resources and water availability in the world**. Geneva: WMO, 1997. 85 p.

SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century**. Paris: UNESCO, 1998. 76 p.

SILVA, H. K. S.; ALVES, R. F. F. O saneamento das águas no Brasil. In: FREITAS, M. A. V. **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL: SRH: OMM, 1999. p 83–101.

WHYCOS. Disponível em <<http://www.wmo.ch/web/homs/whycos.html>> . Acesso em 15 de nov. de 1999.

WORLD RESOURCES 1998-99: a guide to the global environment. New York: World Resources Institute: United Nations: World Bank, 1999. 369 p.

Water resources in Brazil and in the world

Abstract - Water is a fundamental natural resource to human survive, economic activities and environmental maintenance. The increasing population and the higher level of human activities, including effluent disposals to surface and groundwater sources, have made the management of water resources a very complex task throughout the world. On a long-term basis, the amount of freshwater that is available to any country or watershed is nearly constant, but the demand, generally, increases, generating conflicts among water users. Thus, it is very important to know the water availability and demand for its adequate management. The main objective of this document is to present a general view about the water resources in the world and in Brazil. A legal and institutional background were given to present the changes that have been made on the last five years to improve the water resources management in this country.

Index terms: water management, water demand, water flow, water conflicts.