



Foto: Sorata Ursine



10 SITUAÇÃO ATUAL DAS ÁGUAS DO BRASIL



10 SITUAÇÃO ATUAL DAS ÁGUAS DO BRASIL

10.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo caracteriza a disponibilidade de águas superficiais e subterrâneas no Brasil e em suas 12 Regiões Hidrográficas, sob a ótica da quantidade e da qualidade. Descreve também as demandas de recursos hídricos e faz o balanço entre demanda e disponibilidade.

10.2 REDE HIDROMÉTRICA E DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

10.2.1 Rede hidrométrica

Há mais de cem anos, quando foram instaladas as primeiras estações pluviométricas com medições regulares pelo Departamento Nacional de Obras contra as Secas (Dnocs) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), o monitoramento hidrológico vem sendo realizado no Brasil. Logo após, implantaram-se estações com controle de níveis e medições de vazões objetivando dar suporte à geração de energia hidrelétrica. A partir do início do século XX, a hidrometria passou a ser mais sistemática, evoluindo gradativamente tanto em metodologia operacional quanto em locais monitorados.

No setor privado, há de se destacar algumas estações como a da Light e Power em São Paulo (1909) e os registros de chuva efetuados pela Mineração Morro Velho, em Nova Lima-MG, que datam de 1855 e continuam em observação até hoje (ANA, 2005a). As bacias mais monitoradas eram as do São Francisco, do Paraná e do Paraíba do Sul.

Diversos decretos foram publicados a partir da década de 1930 no sentido de regulamentar as atividades ligadas ao monitoramento hidrológico. Do ponto de vista legal, foi publicado o Código de Águas, em 1934, que menciona claramente o monitoramento hidrológico como instrumento precípuo para o desenvolvimento do setor elétri-

co brasileiro. Do ponto de vista institucional, destaca-se a criação do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (Dnaee), que gerenciou a rede hidrométrica até 1996. A partir de então, as atribuições de gerenciamento foram repassadas para a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que as manteve até a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), em 2000.

Com o advento da Lei nº 9.433/1997, o objetivo da rede está sendo gradativamente alterado, adquirindo um contexto mais amplo e diversificado, no qual a questão dos usos múltiplos vem sendo ampliada e sobretudo quanto à qualidade das águas.

Atualmente, cabe à ANA manter a operação da Rede Hidrológica Nacional, por meio da Superintendência de Informações Hidrológicas (SIH). As operações de campo das estações operadas pela ANA são executadas por entidades conveniadas ou contratadas, como é o caso da CPRM, entidades estaduais e outras empresas operadoras.

A rede hidrométrica foi concebida para viabilizar o levantamento de informações necessárias aos estudos e aos projetos que demandam o conhecimento das disponibilidades hídricas e dos potenciais hidráulicos nas bacias hidrográficas brasileiras.

O principal enfoque que norteou a implantação da rede hidrométrica básica, em seus primórdios, foi o atendimento às demandas de informações por parte do setor elétrico. No entanto, os outros usos sempre foram considerados no planejamento da rede, principalmente com a criação do Dnaee.

A rede de estações existentes no país possui 23.910 pontos catalogados no banco de dados da ANA (HIDRO). Desse total estão ativas 14.169 estações, operadas por diversas entidades do setor hídrico nacional. A ANA opera 4.341 estações, sendo 1.806 fluviométricas (1.286 com coleta de qualidade e 456 com coleta de sedimentos) e 2.535 pluviométricas (ANA, 2005b).

A Tabela 10.1 apresenta informações sobre a distribuição das estações hidrometeorológicas por unidade da Federação.

TABELA 10.1
Rede Básica Hidrometeorológica Nacional – tipos de estação por Unidade da Federação

UNIDADE DA FEDERAÇÃO	TIPOS DE ESTAÇÕES									EQUIP.		
	P	E	P+E	F	FD	F+FD	S	Q	P+E+F+FD	PR	FR	T
Rondônia	43	1	44	2	29	31	8	24	75	7	8	32
Acre	27	0	27	0	20	20	3	3	47	5	2	30
Amazonas	164	1	165	29	84	113	23	39	278	25	13	95
Roraima	37	0	37	1	18	19	5	16	56	12	2	25
Pará	156	6	162	20	51	71	19	33	233	16	8	43
Amapá	20	0	20	1	14	15	4	10	35	6	3	15
Tocantins	73	2	75	3	43	46	9	28	121	10	2	19
Maranhão	92	0	92	0	68	68	12	55	160	14	5	23
Piauí	28	0	28	0	35	35	10	24	63	1	5	8
Ceará	39	0	39	7	54	61	4	35	100	0	8	0
Rio Grande do Norte	22	0	22	4	31	35	4	16	57	0	6	1
Paraíba	8	0	8	1	25	26	3	19	34	1	5	0
Pernambuco	40	0	40	5	65	70	7	46	110	1	19	6
Alagoas	19	0	19	2	21	23	5	19	42	5	4	7
Sergipe	7	1	8	1	11	12	2	11	20	2	2	2
Bahia	207	3	210	3	156	159	27	143	369	30	33	22
Minas Gerais	486	6	492	4	318	322	63	265	814	130	86	61
Espírito Santo	85	0	85	2	46	48	10	46	133	11	5	2
Rio de Janeiro	85	1	86	0	55	55	11	53	141	14	12	8
São Paulo	130	2	132	0	50	50	7	17	182	19	12	15
Mato Grosso	174	3	177	5	84	89	19	72	266	28	17	63
Goiás	126	3	129	0	77	77	11	41	206	16	10	13
Distrito Federal	2	0	2	0	2	2	0	1	4	0	1	1
Mato Grosso do Sul	117	2	119	1	60	61	11	43	180	22	13	18
Paraná	97	8	105	3	106	109	73	86	214	34	35	35
Santa Catarina	151	4	155	0	94	94	33	63	249	45	17	37
Rio Grande do Sul	199	7	206	15	104	119	43	69	325	42	23	24
Total	2.634	50	2.684	109	1.721	1.830	426	1.277	4.514	496	356	605

Nota: P = pluviométrica; F = fluviométrica; FD = fluviométrica com medição de descarga; E = evaporimétrica; S = sedimentométrica; Q = qualidade de água; PR = pluviógrafo; FR = fluviógrafo; T = telemétrica.
Fonte: ANA, 2005b

Para a realização do monitoramento hidrológico, são utilizadas estações fluviométricas e pluviométricas convencionais (com observadores de campo) ou telemétricas (sensores automáticos). Atualmente, observa-se um avanço tecnológico sistemático na coleta dos dados hidrológicos. Nesse contexto, estão instaladas 267 Plataformas de Coleta de Dados (PCD), que transmitem as informações para os satélites de coletas de dados (SCD1, SCD2 e o Sa-

télite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS)), que são recebidos nas estações de recepção de Cuiabá do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e encaminhadas à ANA.

A operação e a manutenção da rede hidrométrica básica estão asseguradas por meio da compensação financeira e dos royalties decorrentes da utilização dos recursos

hídricos para geração de energia elétrica de que trata o artigo 27 da Lei nº 7.990/1989, alterado pelo artigo 28 da Lei nº 9.984/2000.

10.2.2 Rede de monitoramento da qualidade da água

Atualmente, apenas nove unidades da Federação possuem sistemas de monitoramento da qualidade da água considerados ótimos ou muito bons, cinco possuem sistemas bons ou regulares e treze apresentam sistemas fracos ou incipientes (MMA/SRH, 2002). Esse levantamento, efetuado entre outubro de 2000 e julho de 2001, agrupou os Estados de acordo com quatro aspectos: porcentagem das bacias hidrográficas monitoradas, tipos de parâmetros

analisados, frequência de amostragem e forma de disponibilização da informação pelos Estados (Figura 10.1).

As redes estaduais contam com 1.566 pontos de monitoramento, que analisam de 3 a 50 parâmetros de qualidade da água, dependendo da unidade da Federação, conforme indicado na Tabela 10.2.

Além do monitoramento realizado pelos Estados, existe também a Rede Hidrometeorológica Nacional, que conta atualmente com 1.286 pontos de monitoramento de qualidade da água, operados sob responsabilidade de diversas entidades. A periodicidade de monitoramento da maioria dos pontos é trimestral. Nas campanhas são avaliados cinco parâmetros: pH, turbidez, condutividade elétrica, temperatura e oxigênio dissolvido, além da determinação de vazão.

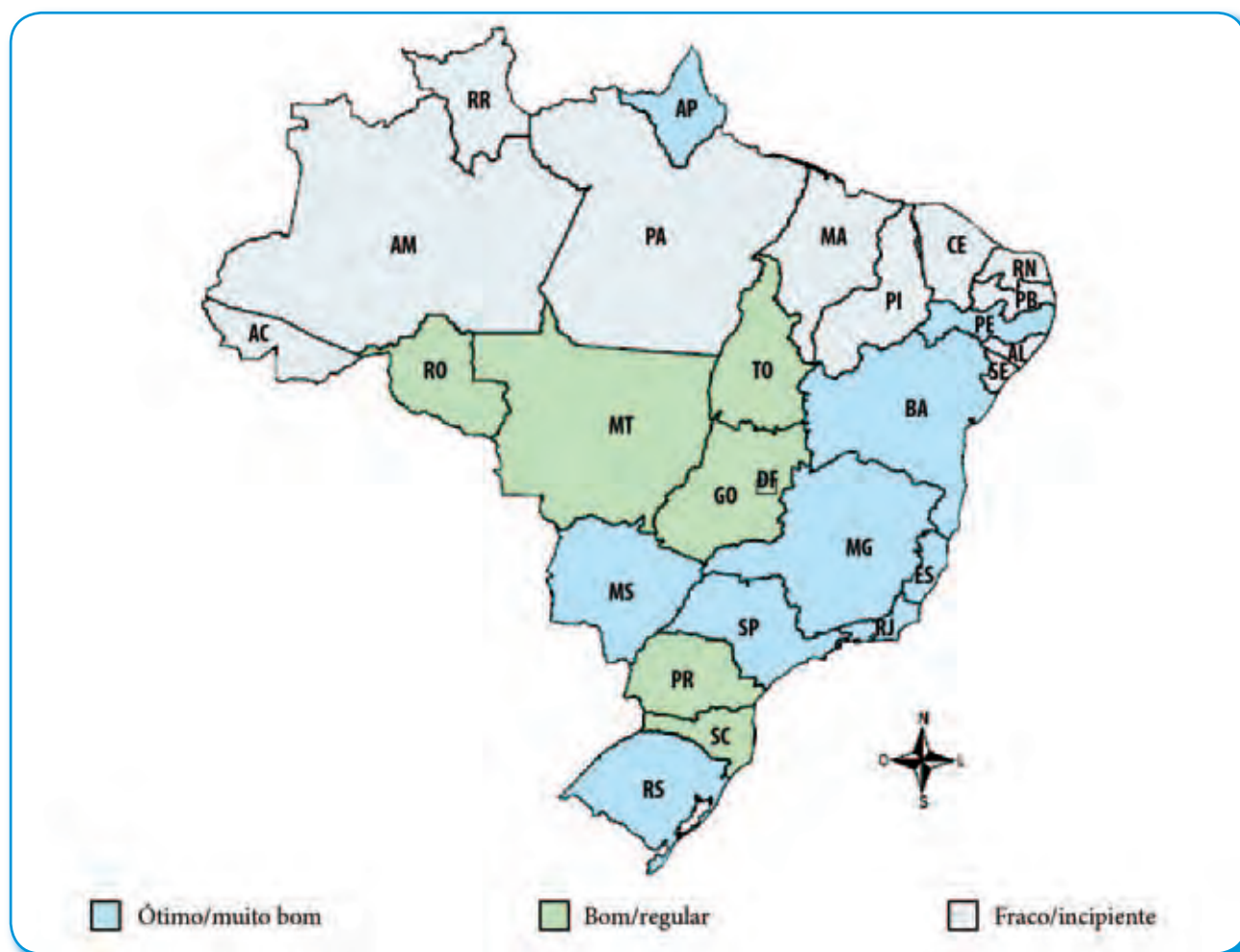


FIGURA 10.1 – Nível de implementação do monitoramento da qualidade das águas nas unidades da Federação
Fonte: SRH/MMA, 2002

Em termos gerais, considerando-se as redes estaduais e a Rede Hidrometeorológica Nacional, observa-se que apenas a região Sudeste possui uma condição adequada de monitoramento de qualidade da água. As demais regiões apresentam-se bastante inferiores nesse quesito, com destaque para as regiões Norte e Nordeste. Essas limitações no monitoramento dificultam o diagnóstico detalhado da qualidade dos corpos d'água de todo o país.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) é o principal indicador utilizado no país. A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) de São Paulo utiliza, desde 1975, uma versão do IQA adaptada da versão original do National Sanitation Foundation, dos Estados Unidos. Nos quase trinta anos que se seguiram, outros Estados brasileiros adotaram esse índice como principal indicador da condição de seus corpos d'água.

Atualmente, 11 Estados utilizam o IQA como indicador da condição dos corpos de água (Amapá, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Sul, São Paulo), além do Distrito Federal. Essas 12 unidades da Federação representam cerca de 60% da população do país, e os dados de monitoramento englobam 7 das 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras (Atlântico Sul, Paraguai, Atlântico Sudeste, São Francisco, Paraná, Atlântico Leste, Amazônica).

Os parâmetros de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante também salientar que esse índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB, 2003).

Sendo assim, a avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, entre elas a de considerar apenas sua utilização para o abastecimento público. Além disso, mesmo se considerando apenas o uso para abastecimento público, o IQA não analisa outros parâmetros importantes para esse uso, tais como os compostos orgânicos

com potencial mutagênico, as substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, o potencial de formação de trihalometanos e a presença de parasitas patogênicos (CETESB, 2003).

Em termos gerais, o monitoramento e a gestão da qualidade da água no país apresentam uma grande diversidade regional. Ações como o Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA), do Ministério do Meio Ambiente, têm colaborado para o aprimoramento dos sistemas estaduais de monitoramento. Em sua Fase II, atualmente em negociação, Estados das regiões Norte e Nordeste receberão apoio para implementar suas redes de monitoramento. Atividades desse tipo, visando à implementação e à ampliação das redes de monitoramento da qualidade da água nos Estados, devem ser incentivadas, principalmente nos mananciais de abastecimento público, bem como o monitoramento integrado dos aspectos de quantidade e qualidade da água, o uso de novos índices de qualidade, o biomonitoramento e a aplicação de modelos de qualidade da água. Além disso, existe a necessidade de articulação da rede federal e das redes estaduais de monitoramento e uma melhoria no acesso e na divulgação dos dados.

10.2.3 Programa de modernização e ampliação da rede hidrométrica e de qualidade

Alguns estudos sobre a expansão das redes de monitoramento e da modernização tecnológica dos processos foram realizados pela ANA, os quais fundamentaram um plano de ação que norteia as ações relacionadas à ampliação e à modernização da rede, compreendendo:

- Expansão da rede básica em até 750 estações pluviométricas e/ou fluviométricas, 400 estações sedimentométricas, bem como a montagem de uma nova sistemática de operação das estações de monitoramento da qualidade da água, que se pretende ver ampliada das atuais estações para mais de 2 mil estações, com o uso dinâmico de sondas multiparamétricas automáticas.



TABELA 10.2
Redes de monitoramento da qualidade da água nas unidades da Federação

U F	ENTIDADE RESPONSÁVEL	PONTOS DE COLETA	PARÂMETROS	COLETAS/ ANO
Minas Gerais	Igam, Feam, Cetec	242	50	4
São Paulo	Cetesb	241	50	6
Bahia	CRA	232	43	1-3
Rio de Janeiro	Feema	143	21	6
Paraná	Suderhsa, IAP	127	14	1-4
Ceará	Cogerh/Semace	115	3	4
Rio Grande do Sul	Fepam, Corsan, Dmae	88	32	1-4
Espírito Santo	Seama	75	15	3
Mato Grosso do Sul	Imap	74	20	3
Pernambuco	CPRH	69	10	6
Distrito Federal	Caesb	56	15	12
Paraíba	Sudema	39	16	2
Goiás	Agência Ambiental de Goiás	26	10	4
Amapá	Sema	25	16	2
Mato Grosso	Sema	14	19	4
TOTAL		1.566		

Observação: O número de pontos de coleta não inclui os pontos de monitoramento da balneabilidade das praias e de monitoramento de sedimentos
Fonte: ANA, 2005b

- Modernização do desenho e do modo operativo da Rede Hidrometeorológica Nacional em seus diversos ramos.
- Modernização da operação da Rede Hidrometeorológica Nacional por meio da aquisição e da instalação de 500 equipamentos registradores do tipo data-loggers, 200 sensores de chuvas, 200 sensores de nível fluviométrico, automatização de 100 estações hidrométricas, além da aquisição de 100 sondas multiparamétricas.
- Implantação de um programa de certificação de laboratórios para análise de parâmetros de qualidade da água e de descarga sólida.

A estruturação e a implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos representará um avanço significativo na disponibilização, na visualização e na transpa-

rência da informação sobre a qualidade da água no país, o que permitirá a integração dos dados estaduais e os da ANA em uma base única com acesso total da população via Internet. Esse sistema servirá como importante subsídio para a elaboração, futuramente, de um Relatório Nacional da Qualidade das Águas que permita uma visão integrada dos problemas de qualidade da água no país.

10.3 ÁGUAS SUPERFICIAIS

Este tópico apresenta uma caracterização do regime e do potencial hídrico das 12 regiões hidrográficas brasileiras, com uma breve informação sobre a sazonalidade das vazões dos cursos de água resultante, principalmente, da variabilidade climática. São apresentadas as vazões regularizadas pelos principais reservatórios do

país, com as vazões afluentes médias e o respectivo índice de regularização. Finalmente, o tópico Qualidade das Águas Superficiais apresenta um panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.

10.3.1 Quantidade de águas superficiais

A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 179 mil m³/s (5.660km³/ano). Esse valor corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é de 1,5 milhão de m³/s (44.000km³/ano) (SHIKLOMANOV, 1998).

Levando-se em consideração as vazões oriundas de território estrangeiro que entram no país (Amazônica – 86.321m³/s, Uruguai – 878m³/s e Paraguai – 595m³/s), essa disponibilidade hídrica total atinge valores da ordem de 267 mil m³/s (8.427 k – 18% da disponibilidade mundial). A Tabela 10.3 apresenta dados de vazões médias e de estiagem nas 12 Regiões Hidrográficas.

De acordo com a Tabela 10.3, verifica-se que a Região Hidrográfica Amazônica detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais, ou seja, a vazão média desta região é quase três vezes maior que a soma das vazões das demais regiões hidrográficas. A segunda maior região em termos de disponibilidade hídrica é a do Tocantins–Araguaia, com 7,6%, seguida da região do Paraná, com 6,4%. As bacias com menor vazão são: Parnaíba, com 0,4%, Atlântico Nordeste Oriental, com 0,4% e Atlântico Leste, com 0,8%.

Em geral, as bacias hidrográficas localizadas sobre formações sedimentares, com maior área de drenagem e/ou com regularidade das chuvas, apresentam vazões de estiagem entre 20% a 30% da vazão média, podendo alcançar 70%. Já as bacias localizadas em terrenos cristalinos, com regime de chuva irregular, possuem vazões de estiagem muito baixas, geralmente inferiores a 10% da vazão média.

TABELA 10.3
Vazões médias e de estiagem nas regiões hidrográficas e no país

REGIÃO HIDROGRÁFICA	ÁREA (KM ²)	VAZÃO MÉDIA (M ³ /S)	VAZÃO DE ESTIAGEM ¹ (M ³ /S)
Amazônica ²	3.869.953	131.947	73.748
Tocantins–Araguaia	921.921	13.624	2.550
Atlântico Nordeste Ocidental	274.301	2.683	328
Parnaíba	333.056	763	294
Atlântico Nordeste Oriental	286.802	779	32
São Francisco	638.576	2.850	854
Atlântico Leste	388.160	1.492	253
Atlântico Sudeste	214.629	3.179	989
Atlântico Sul	187.522	4.174	624
Uruguai ³	174.533	4.121	391
Paraná	879.873	11.453	4.647
Paraguai ⁴	363.446	2.368	785
Brasil	8.532.772	179.433	85.495

Nota: 1 – Vazão com permanência de 95%; 2 – A bacia amazônica ainda compreende uma área de 2,2 milhões de km² em território estrangeiro, a qual contribui com adicionais 86.321 m³/s em termos de vazão média; 3 – A bacia do rio Uruguai ainda compreende adicionais 37 mil km² em território estrangeiro, que contribuem com 878 m³/s; 4 – A bacia do rio Paraguai compreende adicionais 118 mil km² em território estrangeiro, que contribuem com 595 m³/s.

Fonte: ANA, 2005

A Figura 10.2 mostra as vazões específicas em 273 unidades hidrográficas, das doze regiões hidrográficas. A vazão específica indica as regiões mais e menos produtoras de água. No Brasil, a vazão específica varia de menos de 2L/s.km² nas bacias da região semi-árida até mais de 40L/s.km² no noroeste da Região

Hidrográfica Amazônica, sendo a média nacional igual a 21L/s.km².

A baixa vazão específica observada no Pantanal (Região Hidrográfica do Paraguai) mostra que esta área, apesar da abundância de água oriunda da região de Planalto, não é produtora de água, resultando em

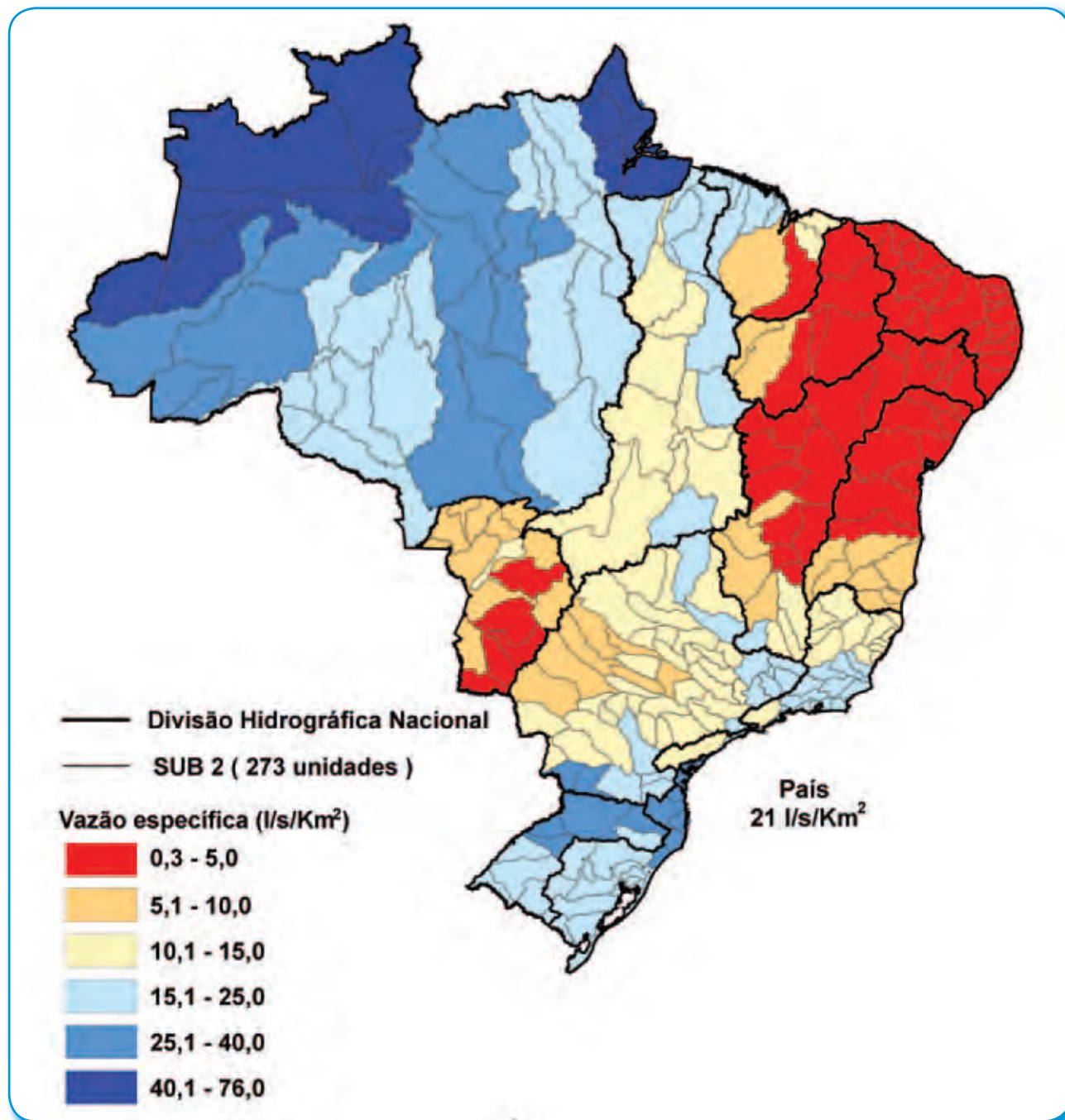


FIGURA 10.2 – Vazões específicas nas 273 unidades hidrográficas de referência
 Fonte: Base de dados da Agência Nacional de Águas – 2005

baixa contribuição da região do Pantanal ao escoamento superficial. No Pantanal há uma expressiva perda de água por evapotranspiração, como será visto no balanço hídrico simplificado.

– Sazonalidade e escoamento superficial

De forma complementar aos estudos de vazões médias de longo período, é importante destacar as variações sazonais que ocorrem no escoamento dos rios, provocadas principalmente pelos regimes de chuvas associados às estações do ano.

Por causa da grande extensão do território brasileiro e de sua posição no globo terrestre, que vai da linha do Equador ao sul do Trópico de Capricórnio, o período de maiores e menores vazões não são idênticos entre as regiões hidrográficas. No rio Amazonas, observa-se que as maiores vazões ocorrem entre os meses de maio e julho, e as menores, nos meses de outubro e novembro. No rio Tocantins, as maiores vazões ocorrem entre os meses de fevereiro e abril, e as menores, nos meses de setembro e outubro.

No rio São Francisco, as maiores vazões são observadas entre os meses de janeiro e março, e as menores, entre os meses de setembro e outubro. No rio Paraná, as maiores vazões acontecem entre os meses de janeiro e março, e as menores, entre os meses de agosto e setembro. No rio Paraguai, as maiores vazões ocorrem entre os meses de junho e agosto, e as menores, nos meses de dezembro e janeiro.

A defasagem entre os períodos de estiagem e de excedentes em relação à média demonstra a complementaridade e o ganho de sinergia a o se integrarem os sistemas hídricos, o que é explorado pelo sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil (Sistema Interligado Nacional-SIN).

– Vazões regularizadas

A quantidade média anual de água que pode ser fornecida por um reservatório com uma determinada segurança

ao longo do tempo de utilização é denominada vazão de regularização. Essa vazão é determinada a partir das séries fluviométricas históricas dos tributários do reservatório. Do ponto de vista hidrológico, a maior vazão que pode ser regularizada é a vazão natural média subtraída da evaporação. Entretanto, a vazão regularizada também é função das condições de operação dos reservatórios, dos vertimentos, dos seus usos (geração de energia, abastecimento humano, irrigação, amortecimento de cheias, entre outros) e das dimensões do reservatório.

As vazões regularizadas pelos reservatórios das principais usinas do país são apresentadas na Tabela 10.4, juntamente com a área de drenagem, a vazão afluente média e o grau de regularização da bacia, representado pela razão entre a vazão regularizada e a vazão média.

De acordo com a ANA (2005a), a usina de Tucuruí pode regularizar $4.755\text{m}^3/\text{s}$ (43% da vazão média); a usina de Sobradinho regulariza $1.825\text{m}^3/\text{s}$ (67% da vazão média); e a usina de Itaipu regulariza $5.370\text{m}^3/\text{s}$ (54% da vazão média). Na maioria das regiões, o grau de regularização assegurado pelos reservatórios é de cerca de 60% da vazão média.

Além dos reservatórios destinados à geração de energia elétrica, há outros com a finalidade de aumentar a disponibilidade hídrica para os demais usos. Destacam-se os açudes existentes em alguns cursos d'água do Nordeste que são fundamentais para o abastecimento humano, a dessedentação de animais e a irrigação na região semi-árida. Na Região Atlântico Nordeste Oriental, os açudes Orós e Castanhão, localizados no rio Jaguaribe, regularizam $20\text{ m}^3/\text{s}$ e $30\text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente; o açude Banabuiú, no rio de mesmo nome, afluente do rio Jaguaribe, regulariza $13\text{ m}^3/\text{s}$; os açudes Coremas, Mãe d'Água e Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, no rio Piranhas-Açu, regularizam $7\text{ m}^3/\text{s}$ e $16\text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente.

Na Região Atlântico Leste, o açude Pedra do Cavalo, no rio Paraguaçu, pode regularizar $67\text{ m}^3/\text{s}$, com 100% de garantia (ANA, 2005a).

TABELA 10.4
Vazão regularizada nas principais usinas hidrelétricas

RIO	USINA	ÁREA DE DRE- NAGEM (Km ²)	VAZÃO MÉDIA (M ³ /s)	VAZÃO REGULA- RIZADA (M ³ /s)	REGULARIZA- ÇÃO (%)
Região Hidrográfica do Tocantins–Araguaia					
Tocantins	Serra da Mesa	51.233	784	662	84
Tocantins	Cana Brava	58.022	879	664	75
Tocantins	Luís E. Magalhães (Lajeado)	183.718	2.484	794	32
Tocantins	Tucuruí	757.577	10.948	4.755	43
Região Hidrográfica do Parnaíba					
Parnaíba	Boa Esperança	87.500	453	301	66
Região Hidrográfica do São Francisco					
Preto	Queimado	3.760	57	34	60
São Francisco	Três Marias	50.732	686	513	75
São Francisco	Sobradinho	499.084	2.706	1.825	67
São Francisco	Itaparica	593.384	2.791	1.875	67
São Francisco	Moxotó	606.270	2.810	1.875	67
São Francisco	Xingó	610.544	2.810	1.875	67
Região Hidrográfica Atlântico Sudeste					
Paraíba do Sul	Paraibuna	4.150	69	64	93
Paraíba do Sul	Santa Branca	5.030	80	73	91
Jaguari	Jaguari	1.300	28	25	89
Paraíba do Sul	Funil	13.410	229	150	65
Paraíba do Sul	Santa Cecília	16.694	297	196	66
Região Hidrográfica do Paraná					
Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba					
Araguari	Nova Ponte	15.480	532	261	49
Araguari	Miranda	18.124	349	288	82
Corumbá	Corumbá I	27.604	452	172	38
Paranaíba	Emborcação	29.050	483	384	80
Paranaíba	Itumbiara	94.728	1.548	1.214	78
Paranaíba	Cachoeira Dourada	99.775	1.624	1.240	76
Paranaíba	São Simão	171.474	2.363	1.734	73
Bacia Hidrográfica do Rio Grande					
Pardo	Caconde	2.588	54	30	56
Pardo	Euclides da Cunha	4.392	88	38	43
Pardo	Limoeiro (A.S. Oliveira)	4.471	89	39	44
Grande	Camargos	6.279	133	76	57
Grande	Funil	15.153	322	76	24
Grande	Furnas	52.138	929	678	73
Grande	Mascarenhas de Moraes	59.600	1.016	768	76
Grande	Luiz Carlos Barreto (Estreito)	61.942	1.035	775	75
Grande	Jaguará	62.700	1.045	777	74
Grande	Igarapava	63.693	1.103	783	71
Grande	Volta Grande	68.800	1.133	794	70
Grande	Porto Colômbia	77.427	1.328	828	62
Grande	Marimbondo	118.515	1.847	1.174	64

RIO	USINA	ÁREA DE DRENAGEM (Km ²)	VAZÃO MÉDIA (M ³ /s)	VAZÃO REGULARIZADA (M ³ /s)	REGULARIZAÇÃO (%)
Bacia Hidrográfica do Rio Tietê					
Guarapiranga	Guarapiranga	631	12	7	58
Pinheiros	Pedreira (Billings)	560	19	19	100
Tietê	Ponte Nova	320	8	8	100
Tietê	Edgard de Souza	4.844	105	42	40
Tietê	Barra Bonita	33.156	435	205	47
Tietê	Bariri	36.708	486	261	54
Tietê	Ibitinga	44.923	581	300	52
Tietê	Promissão	58.106	699	383	55
Tietê	Nova Avanhandava	62.727	747	385	52
Tietê	Três Irmãos	71.221	797	480	60
Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema					
Paranapanema	Jurumirim	17.891	220	161	73
Paranapanema	Piraju	18.336	225	163	72
Paranapanema	Chavantes	27.769	338	240	71
Paranapanema	Ourinhos	28.160	342	240	70
Paranapanema	Canoas II	39.531	459	243	53
Paranapanema	Canoas I	41.276	477	243	51
Paranapanema	Capivara	84.715	1.077	658	61
Paranapanema	Taquaruçu	88.707	1.137	672	59
Paranapanema	Rosana	100.799	1.281	702	55
Bacia Hidrográfica do Rio Paraná					
Paraná	Porto Primavera	571.855	7.130	4.368	61
Paraná	Ilha Solteira	377.197	5.243	3.400	65
Paraná	Souza Dias (Jupiá)	476.797	6.341	3.880	61
Paraná	Itaipu	823.555	10.027	5.370	54
Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu					
Jordão	Desvio Jordão	4.682	126	10	-
Iguaçu	Foz do Areia (Munhoz)	30.127	654	328	50
Iguaçu	Segredo (G. Ney Braga)	34.346	749	377	50
Iguaçu	Salto Santiago	43.852	994	517	52
Iguaçu	Salto Osório	45.769	1.041	523	50
Iguaçu	Salto Caxias	56.977	1.336	530	40
Região Hidrográfica do Uruguai					
Passo Fundo/Erechim	Passo Fundo	2.170	55	32	58
Chapecó	Quebra Queixo	2.670	79	10	13
Pelotas	Barra Grande	13.000	300	105	35
Canoas	Campos Novos	14.200	305	54	18
Pelotas	Machadinho	32.050	729	223	31
Uruguai	Ita	44.500	1.022	243	24

Fonte: ANA, 2005a



Foto: Clarismundo Benfica (Dicão)

10.3.2 Qualidade das águas superficiais

A importância da qualidade da água está bem conceituada na Política Nacional de Recursos Hídricos, que define, dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (art. 2º, cap. II, tit. I, Lei nº 9.433/97).

A Lei nº 9.433/1997 também determina, como uma das diretrizes de ação do SINGREH, “a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade e a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental” (art. 3º, cap. III, tit. I).

Em âmbito nacional, o principal problema de qualidade da água é o lançamento de esgotos domésticos, pois apenas 47% dos Municípios brasileiros possuem rede coletora de esgoto, e somente 18% dos esgotos recebem algum tratamento. A carga orgânica doméstica total do país é estimada em 6.389 t. DBO5, 20/dia (ANA, 2005b).

Em rios com baixa disponibilidade hídrica, principalmente os que se encontram na região do semi-árido, o problema de assimilação de cargas orgânicas está associado, sobretudo, às baixas vazões dos corpos d’água.

A mineração, os efluentes industriais, as cargas de natureza difusa decorrentes da drenagem de solos urbanos e agrícolas e os resíduos sólidos são problemas que também têm escala nacional, ocorrendo em praticamente todas as regiões hidrográficas. Outros problemas apresentam grande relevância em áreas mais restritas, como os efluentes da suinocultura na região Sul e a salinização dos açudes na região Nordeste.

Segundo pesquisa do IBGE intitulada Perfil dos Municípios Brasileiros – Meio Ambiente – 2002, o problema ambiental informado pelo maior número de Municípios brasileiros é o assoreamento dos corpos d’água (53% dos Municípios), seguindo-se a poluição da água (38%), a alteração da paisagem (35%), a contaminação do solo (33%), a poluição do ar (22%) e a degradação de áreas protegidas (20%) (IBGE, 2005).

No Gráfico 10.1 são apresentadas as principais causas de poluição da água. Em todas as regiões, a poluição por esgoto doméstico foi a mais citada, principalmente no Sudeste e no Nordeste, regiões de maiores concentrações humanas. Na região Sul, destaca-se a indicação de poluição por agrotóxicos e fertilizantes em 63% dos Municípios e da criação de animais em 58% dos Municípios (IBGE,

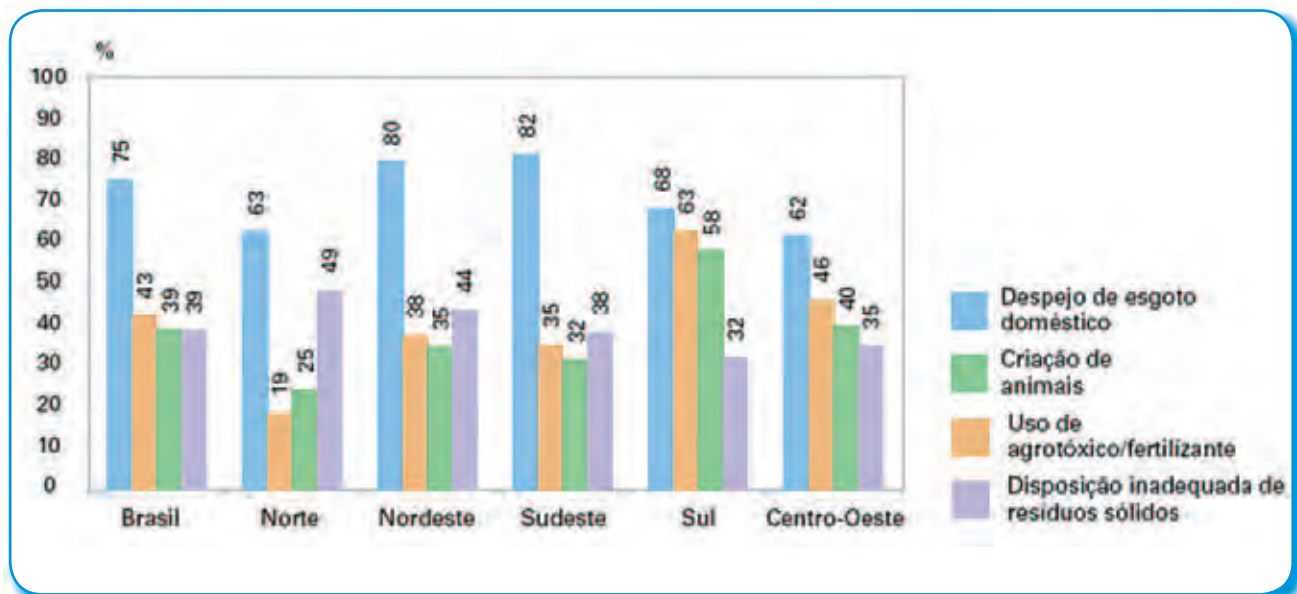


GRÁFICO 10.1 – Proporção de Municípios com ocorrência de poluição do recurso água, por tipo de causas mais apontadas, segundo as regiões, em 2002
Fonte: IBGE, 2005

2005).

A poluição orgânica de origem industrial tem sido reduzida de maneira significativa em alguns Estados, como ocorreu em São Paulo com relação aos efluentes das usinas de açúcar e de álcool, os quais passaram a ser utilizados no processo de fertirrigação.

Nas cidades, a ineficiência na coleta, no tratamento e na disposição final dos resíduos sólidos vem causando a poluição dos corpos d'água superficiais e subterrâneos, comprometendo o aproveitamento dos mananciais e causando problemas de saúde pública. As águas pluviais que atravessam os lixões e os depósitos inadequados de resíduos sólidos urbanos transportam um líquido de cor negra e odor desagradável, denominado de chorume, característico dos materiais orgânicos em decomposição e detentor de elevada carga poluente. A questão da poluição difusa em áreas urbanas também representa uma carga poluente significativa e tem relação com os problemas de macrodrenagem das grandes cidades.

A eutrofização dos corpos d'água é um dos grandes problemas de qualidade da água do país. Ela é o aumento da concentração de nutrientes, especialmente o nitrogênio e o fósforo, causando o crescimento excessivo das plantas aquáticas, a níveis tais que interferem nos usos desejáveis do corpo d'água. Tal processo acontece principalmente em lagos e represas, embora possa ocorrer mais raramente em rios, uma vez que as condições ambientais destes são menos favoráveis ao crescimento de algas.

O nível de eutrofização está usualmente associado ao uso e à ocupação do solo na bacia hidrográfica. As atividades agrícolas, a drenagem pluvial urbana e o lançamento de esgotos são fatores que colaboram para a elevação dos nutrientes em corpos d'água.

São vários os efeitos indesejáveis da eutrofização, entre eles: crescimento excessivo da vegetação; distúrbios com mosquitos e insetos; eventuais maus odores; mortalidade de peixes; mudanças no aspecto da água e na biodiversidade aquática; redução na navegação e na capacidade de transporte; modificações na qualidade e na quantidade de peixes de valor comercial; complicações com a água destinada ao abastecimento; desaparecimento gradual

do lago e aumento da frequência de florações de microalgas e cianobactérias, que formam densas camadas verdes que flutuam na superfície da água e podem produzir toxinas letais para o homem e os animais. Em alguns casos, as toxinas podem permanecer na água mesmo após os tratamentos de água bruta, o que pode agravar seus efeitos crônicos.

É freqüente a presença de cianobactérias nos mananciais de abastecimento de água em muitas das cidades brasileiras, como ocorre no Sistema Guandu, que abastece a cidade do Rio de Janeiro. No entanto, são raros os episódios como o que ocorreu em Caruaru, em 1996, quando morreram sessenta pacientes que faziam hemodiálise com água contaminada com toxinas de cianobactérias.

Nas áreas rurais, a expansão da fronteira agrícola e a migração interna nas décadas de 1970 e 1980 contribuíram para a criação de um passivo ambiental caracterizado pelo desmatamento, por processos erosivos intensificados e pela contaminação das águas. Um dos fenômenos mais destacados é a voçoroca, presente em vários Estados (ex.: Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul) (CPRM, 2002).

Com relação à erosão e ao aporte de sedimentos, Campagnoli et al. (2004) elaboraram um estudo com o objetivo de realizar um zoneamento cartográfico do território brasileiro voltado à análise hidrossedimentológica, visando ao aprimoramento qualitativo e quantitativo dos efeitos do assoreamento nos empreendimentos hidrelétricos. Verifica-se que as áreas com maior potencial de produção de sedimentos (acima de 200 t/km² por ano) se encontram nas Regiões Hidrográficas do Tocantins–Araguaia, do Paraguai, do São Francisco, do Parnaíba, do Paraná e do Uruguai, conforme pode ser verificado na Figura 10.3.

A Figura 10.4 apresenta o conjunto de Municípios brasileiros com ocorrência de assoreamento e poluição de corpos d'água simultaneamente, com poluição de corpos d'água e sem assoreamento e com assoreamento e sem poluição de corpos d'água. O número de Municípios que informaram ocorrência de assoreamento de algum corpo d'água e simultaneamente poluição da água é de 1.624 (IBGE, 2005).

Na percepção dos gestores ambientais dos Municípios, as causas para a poluição da água são: o despejo de esgoto

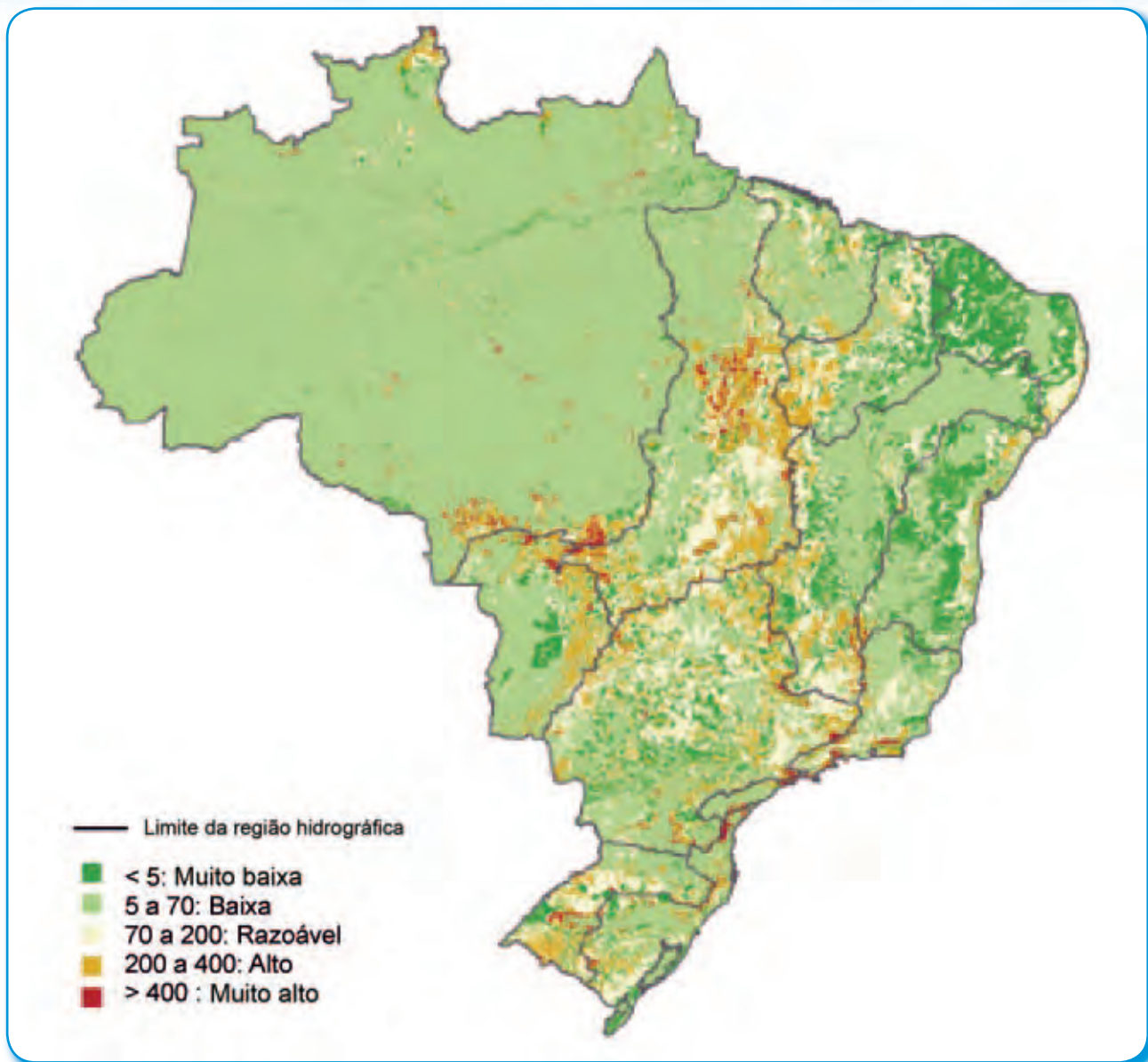


FIGURA 10.3 – Potencial de produção anual (t/km²) de sedimentos no Brasil
Fonte: CAMPAGNOLI et al., 2004

doméstico (75%), o uso de agrotóxicos e de fertilizantes na agricultura (43%), os resíduos oriundos da criação de animais (39%) e a disposição inadequada de resíduos sólidos (39%). Observa-se que das quatro causas duas (despejo de esgoto doméstico e disposição inadequada de resíduos sólidos) são tipicamente de áreas mais urbanizadas e duas (uso de agrotóxicos e de fertilizantes na agricultura e resíduos oriundos da criação de animais) de áreas rurais.

Com relação à mineração, os impactos sobre a qualidade da água podem ocorrer nas etapas de pesquisa, lavra,

beneficiamento, estocagem e transporte. As atividades mineiras desenvolvidas a céu aberto, se não obedecerem a um plano de lavra adequado, com um projeto de recuperação ambiental, propiciam a ação dos processos erosivos. Geralmente, as aberturas efetuadas para decapeamento e/ou retirada da camada a ser minerada geram grandes estragos na superfície do terreno.

Nas regiões carboníferas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, a poluição hídrica causada pela drenagem ácida é provavelmente o impacto mais significativo das opera-

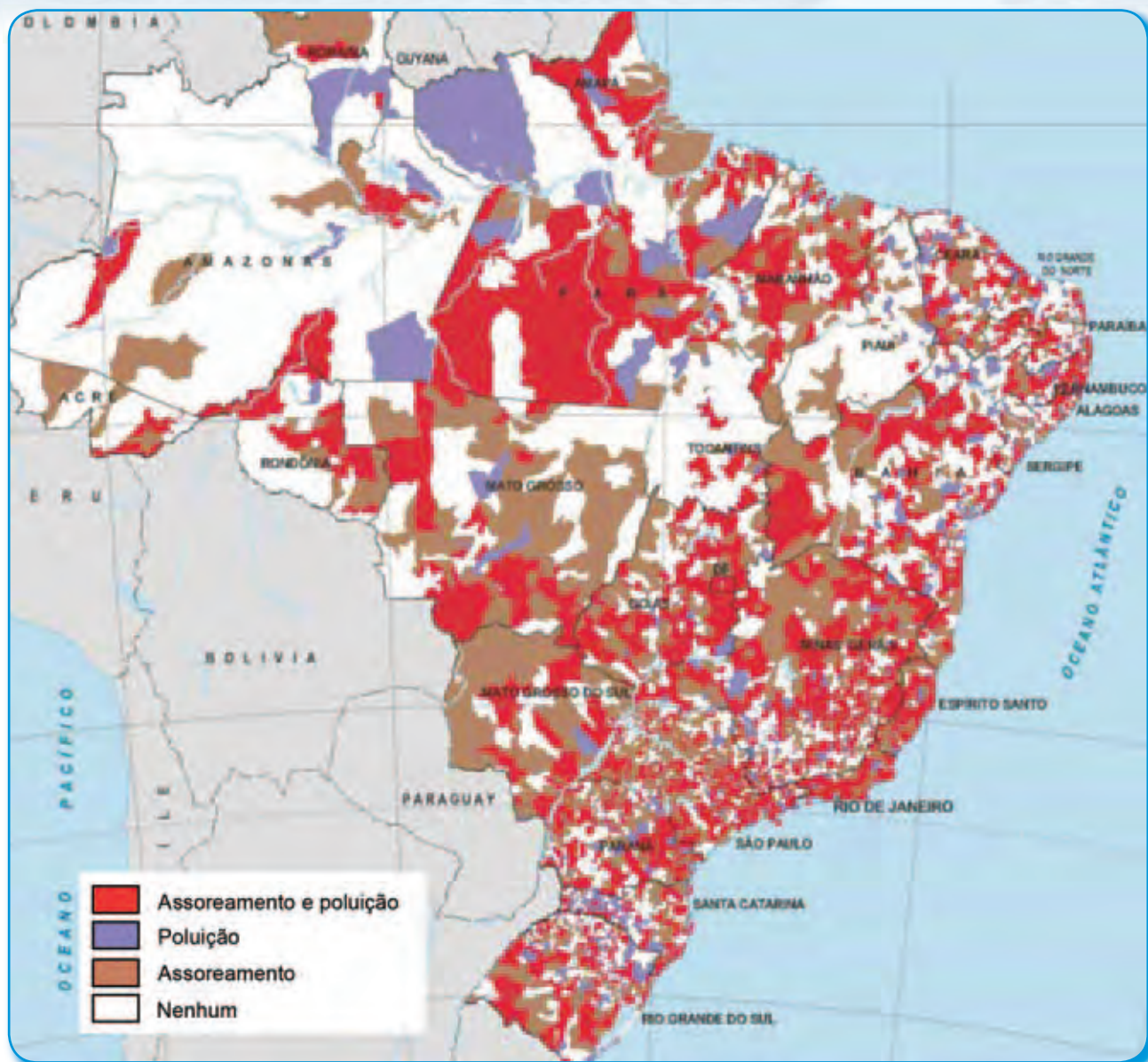



FIGURA 10.4 – Municípios que informaram a ocorrência de assoreamento e poluição de corpos d’água
Fonte: IBGE, 2005

ções de mineração e beneficiamento do carvão mineral. Essa poluição decorre da infiltração da água da chuva nos rejeitos gerados pelas atividades de lavra e beneficiamento, alcançando os corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos. Essas águas adquirem baixos valores de pH (< 3), altos valores de ferro total, sulfato total e vários outros elementos tóxicos que impedem sua utilização e destroem a flora e a fauna aquáticas (CPRM, 2002).

Na província aurífera do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, a presença do elemento tóxico arsênio merece des-

taque no que se refere aos efeitos da mineração no meio ambiente. Em Nova Lima e em Passagem de Mariana, funcionaram, por várias décadas, fábricas de óxido de arsênio, aproveitado como subproduto do minério. Os rejeitos de minério ricos em arsênio foram estocados às margens de riachos ou lançados diretamente nas valas de drenagem, provocando grande comprometimento ambiental do solo e da água (CPRM, 2002).

Os bens minerais (areia, argila e brita) de emprego direto na construção civil, por sua importância para os setores de



habitação, saneamento e transporte, são considerados bens minerais de uso social. Fatores mercadológicos impõem a produção desses minerais perto dos centros consumidores, caracterizando-se como uma atividade típica das regiões metropolitanas e urbanas. O índice de clandestinidade dessa atividade é significativo e preocupante. Os impactos ambientais provocados são grandes e descontrolados, tais como a alteração dos canais naturais de rios. Em geral, as cavas são utilizadas como botafora da construção civil e até mesmo como lixões (CPRM, 2002). Uma das áreas críticas com relação à extração de areia é o rio Paraíba do Sul, na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste.

Na Região Hidrográfica Amazônica, destacam-se os garimpos de ouro, que contaminam os rios com mercúrio, principalmente nas bacias dos rios Madeira e Tapajós e no Estado do Amapá. O mercúrio é um metal tóxico e encontra-se disseminado em rios e solos da Amazônia, em grande parte por causa de sua utilização na recuperação do ouro em garimpos, de forma indiscriminada e sem qualquer controle.

Estimam-se entre 100 e 130 toneladas por ano o montante de mercúrio introduzido na Amazônia nos últimos anos pela atividade garimpeira, sendo 40% lançado diretamente nos rios e 60% disperso na atmosfera e transportado a longas distâncias. Os resultados de pesquisas na Amazônia apontam para níveis preocupantes de mercúrio nos peixes piscívoros, superando em média os limites máximos permitidos para consumo humano estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde. Como consequência desse resultado, é também elevada a concentração de mercúrio em amostras de cabelo da população ribeirinha da Amazônia, em cuja dieta o consumo de peixe é predominante.

A agricultura moderna tem gerado impactos ambientais que comprometem a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas a médio e a longo prazos. Com relação aos poluentes das atividades agrícola e pecuária, destacam-se os fertilizantes, os agrotóxicos e os efluentes da suinocultura.

Os fertilizantes são largamente utilizados e estão associados à eutrofização dos corpos d'água superficiais e à contaminação de aquíferos. Os agrotóxicos podem ser persistentes, móveis e tóxicos no ambiente aquático, podendo-se acumular nos sedimentos e na biota. O maior

consumo de agrotóxicos ocorre nos Estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul (IBGE, 2002).

O agravamento da questão ambiental nos grandes centros produtores de suínos decorre do grande volume de efluentes gerados pelas propriedades e pela escassez de áreas agrícolas aptas à sua disposição e utilização como fertilizante. Muitos criadores, embora sejam considerados pequenos proprietários, geram volumes de efluentes acima da capacidade de suporte de utilização na propriedade.

Esses efluentes, sem tratamento adequado e sem a infraestrutura necessária (armazenagem, transporte e distribuição) para sua viabilização como fertilizante, acabam dispostos no ambiente, gerando poluição e colocando em risco a sustentabilidade do sistema. As áreas mais críticas localizam-se nas Regiões Hidrográficas do Uruguai e do Paraná.

A grande produção de efluentes da suinocultura, que contamina rios e aquíferos, exige a aplicação pelos produtores rurais de tecnologias para tratamento e reaproveitamento dos seus resíduos. O grande volume de gases, matéria orgânica, bactérias e outras substâncias geradas pela atividade constituem um fator de risco para a contaminação do ar, do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

A elaboração de um diagnóstico nacional da qualidade da água é limitada pela insuficiência das redes de monitoramento na maior parte do país. As regiões hidrográficas que apresentam melhores condições de monitoramento de qualidade da água são as do Paraná, do São Francisco, do Atlântico Leste, do Atlântico Sudeste, do Atlântico Sul e do Paraguai. O Amapá também possui um monitoramento de qualidade da água que merece destaque.

Nas demais regiões hidrográficas (Amazônica, Tocantins-Araguaia, Parnaíba, Uruguai, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental), o monitoramento é ainda insuficiente. Em termos gerais, essas também são as regiões que apresentam menor densidade demográfica e atividade industrial, e os principais impactos sobre a qualidade da água são gerados, de maneira mais localizada, pelas atividades de mineração e agricultura.

Para uma análise geral da qualidade da água nas bacias que possuem melhores redes de monitoramento, a ANA utilizou os valores do IQA de 859 estações de monitoramento.

Nas bacias que têm monitoramento com o IQA, observou-se, em termos gerais, uma boa condição na maior parte dos trechos monitorados. As regiões mais críticas com relação ao IQA (categorias ruim e péssima) localizam-se nas proximidades das principais regiões metropolitanas e estão associadas principalmente ao lançamento de esgotos domésticos. Merecem destaque as seguintes bacias e suas respectivas cidades principais:

- Região Hidrográfica do Paraná: bacias do Alto Iguazu (Curitiba), Alto Tietê (São Paulo), Piracicaba (Campinas), Meia Ponte (Goiânia), Rio Preto (São José do Rio Preto);
- Região Hidrográfica do São Francisco: bacia do rio das Velhas, Pará e Paraopeba (Belo Horizonte);
- Região Hidrográfica Atlântico Leste: bacia dos rios Joanes e Ipitanga (Salvador);
- Região Hidrográfica Atlântico Sul: bacia dos rios dos Sinos e Gravataí (Porto Alegre);
- Região Hidrográfica Atlântico Sudeste: bacia do rio Paraíba do Sul (Juiz de Fora), bacia do rio Jucu (Vitória);
- Região Hidrográfica do Paraguai: bacia do rio Miranda (Aquidauana).

Sazonalmente, em algumas bacias são observados rios com IQA aceitável ou ruim em razão das condições naturais, como ocorre nos rios Paraguai e Taquari, em que, nos períodos de cheia, ocorre um processo natural de deterioração da qualidade das águas por causa da acumulação de restos vegetais e sedimentos que criam alta demanda por oxigênio. Nesse período, as águas tendem a apresentar baixo teor de oxigênio dissolvido, gerando condições inadequadas para a preservação da vida aquática.

Apesar de sua importância como principal indicador de qualidade de água no país, qualquer análise dos dados do IQA deve sempre considerar suas limitações, pois no seu cálculo são utilizados apenas nove parâmetros, que em sua maioria são indicadores de contaminação de esgotos domésticos ou cargas orgânicas de origem industrial. Portanto, corpos d'água poluídos por parâmetros não incluídos no cálculo do IQA (ex.: metais pesados, agrotóxicos) podem ter um bom valor de IQA, o que induziria a interpretações erradas.

Considerando as 859 estações de monitoramento nas quais é calculado o IQA, observa-se uma boa condição em 71% dos pontos (Gráfico 10.2).

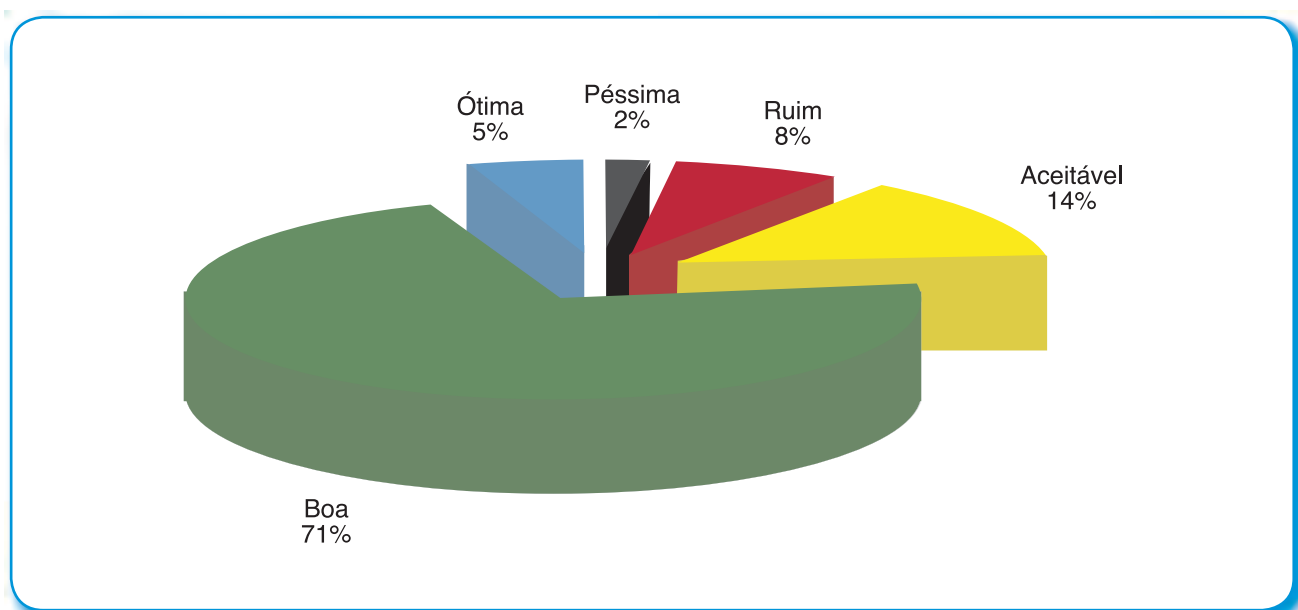


GRÁFICO 10.2 – Distribuição percentual do IQA nas estações de monitoramento
Fonte: ANA, 2005b

Em termos gerais, as principais fontes que alteram a qualidade das águas do país podem ser resumidas nos seguintes itens:

- Esgotos domésticos: principal problema observado em todas as regiões hidrográficas, sendo mais crítico nas regiões metropolitanas.
- Efluentes industriais: engloba uma grande variedade de atividades, como indústrias siderúrgicas, metalúrgicas, papel e celulose, alimentícias, químicas, petroquímicas, têxteis, matadouros, curtumes, fábricas de fertilizantes, usinas de açúcar e álcool, entre outras.
- Desmatamento e manejo inadequado do solo: a ocupação desordenada de áreas para a produção de grãos e a pecuária tem gerado uma diminuição drástica da vegetação natural, causando a erosão dos solos e o conseqüente assoreamento dos rios.
- Efluentes da agricultura: representados principalmente por fertilizantes e agrotóxicos carregados para os corpos d'água por meio da água das chuvas.
- Mineração: problema disseminado em boa parte do país, apresenta situações críticas em Santa Catarina (carvão na região de Criciúma), Minas Gerais (extração de ferro no Alto São Francisco) e garimpos (poluição por mercúrio na Amazônia e no Pantanal), gerando elevadas cargas inorgânicas provenientes da extração e do beneficiamento dos minérios.
- Resíduos sólidos: a disposição inadequada de resíduos sólidos em lixões vem promovendo sérios problemas de poluição das águas superficiais e subterrâneas em todo o país.
- Efluentes da suinocultura: problema localizado principalmente na região Sul, que apresenta a maior concentração de suínos do país e grave concentração de dejetos líquidos que causam intensa contaminação dos corpos d'água superficiais e subterrâneos.
- Poluição difusa em áreas urbanas: ocorre principalmente nas regiões metropolitanas, sendo representada pelos poluentes que são carregados para os corpos d'água por meio da água das chuvas.
- Salinização: localizado principalmente no Nordeste, o processo de salinização dos açúdes é decorrente do

seu regime de operação e das altas taxas de evaporação, que influenciam diretamente a concentração de sais dissolvidos. Águas com alta concentração de sais podem causar a salinização de solos onde se pratica cultura irrigada, reduzir a produtividade em projetos de piscicultura, interferir em processos industriais, além de impedir seu consumo por conferir gosto salgado, podendo, em alguns casos, causar problemas de hipertensão arterial.

- Acidentes ambientais: derrames de produtos tóxicos durante as operações de transporte e distribuição (ex.: episódios na baía da Guanabara-RJ e rio Iguaçu-PR), rompimento de barragens de rejeitos (ex.: episódio de Cataguazes-MG), acidentes ferroviários, rodoviários ou em embarcações que transportam cargas tóxicas.
- Construção de barragens: a criação de reservatórios para fins de geração de energia elétrica ou abastecimento público geralmente inunda áreas em que a vegetação não foi completamente retirada. A decomposição dessa biomassa vegetal altera a qualidade da água no corpo do reservatório e nos trechos a jusante da barragem, como ocorreu no Reservatório de Tucuruí, no Pará. O lançamento de efluentes (ex.: esgoto doméstico) nos reservatórios pode causar eutrofização e florações de algas, as quais podem ser tóxicas, o que compromete seu uso para abastecimento público. Outro efeito adverso das barragens ocorre quando estas diminuem o aporte de sedimentos para os trechos a jusante, afetando a produtividade dos estuários, como ocorre no rio São Francisco.
- Aqüicultura: o cultivo de peixes em tanques-rede e o cultivo de camarão em estuários, se praticados sem observação de critérios de sustentabilidade ambiental, podem causar a poluição dos recursos hídricos. O oposto também ocorre, a aqüicultura é altamente suscetível à poluição gerada por outros setores, que podem comprometer as características sanitárias e nutricionais dos organismos produzidos.

Além dos impactos decorrentes da ação antrópica, também ocorrem fenômenos naturais que causam a piora da

qualidade da água, como o que acontece na Região Hidrográfica do Paraguai.

É importante ressaltar também que, apesar dos problemas ainda existentes no país em relação à qualidade das águas, não se pode desprezar os avanços alcançados na reversão do quadro que existia décadas atrás. Pode-se fazer referência, como exemplo, ao controle da poluição industrial iniciado na década de 1970 no Estado de São

Paulo e que obteve grande êxito, com destaque para o setor sucro-alcooleiro.

Para que os ganhos auferidos na gestão da qualidade da água sejam sustentáveis e sempre crescentes, inúmeros requisitos são requeridos, entre outros:

- Aprimoramento das redes de monitoramento, fiscalização e laboratórios acreditados de qualidade da água, incluindo a necessidade de articulação entre a esfera federal e a estadual e melhoria no acesso e na divulgação dos dados.
- Integração dos procedimentos de licenciamento e outorga no âmbito federal e com os Estados.
- Capacitação técnica e institucional dos órgãos gestores da água e ambientais.
- Implementação dos instrumentos técnicos e institucionais do SINGREH e incremento da participação social (exemplo: enquadramento dos corpos d'água).
- Valorização de mecanismos financeiros que viabilizem o tratamento eficaz dos esgotos domésticos, como, por exemplo, o Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas (Prodes), que subsidia em até 50% a construção de estação de tratamento de esgotos por meio da “compra do esgoto tratado”.

10.4 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Estima-se que existam no país pelo menos 400 mil poços (ZOBY; MATOS, 2002). A água de poços e fontes vem sendo utilizada intensamente para diversos fins, tais como abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer. No Brasil, 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subter-

rânea (IBGE, 2002). Embora o uso do manancial subterrâneo seja complementar ao superficial em muitas regiões, em outras áreas do país a água subterrânea representa o principal manancial hídrico. Ela desempenha importante papel no desenvolvimento socioeconômico do país.

No Estado de São Paulo, cerca de 5,5 milhões de pessoas são abastecidas por águas subterrâneas (SILVA et al., 1998). No Maranhão, mais de 70% das cidades usam água de poços, e no Estado do Piauí esse valor supera 80%. A água subterrânea participa do abastecimento de comunidades rurais do semi-árido nordestino, da população urbana de diversas capitais do país, como Manaus, Belém, Fortaleza, Recife, Natal e Maceió. Ela é ainda responsável pelo turismo com as águas termais em cidades como Caldas Novas, em Goiás, Araxá e Poços de Caldas, em Minas Gerais.

A seguir, é apresentada uma caracterização sucinta dos domínios hidrogeológicos, dos principais sistemas aquíferos e dos respectivos potenciais hídricos. Mais adiante, é descrita a qualidade das águas subterrâneas no país.

10.4.1 Quantidade de águas subterrâneas

Em função da forma como armazenam e transmitem a água, as rochas podem ser divididas em três tipos de domínios hidrogeológicos:

- Fraturado (fissural): a água está associada à presença de descontinuidades na rocha, responsáveis por uma porosidade secundária associada a falhas, fraturas e diáclases. Esse domínio é representado pelas rochas ígneas e metamórficas.
- Fraturado-cárstico: a água está presente nas descontinuidades da rocha, como falhas, fraturas e diáclases, às quais se associam feições de dissolução nas rochas calcárias. Corresponde à região de ocorrência de rochas sedimentares ou metassedimentares associadas a rochas calcárias.
- Poroso (intergranular): a água está contida entre os grãos que compõem a rocha (porosidade primária ou porosidade residual). Esse domínio hidrogeológico é representado pelas rochas sedimentares, como arenitos e conglomerados. De forma geral, apresenta o maior potencial hídrico.

A Figura 10.5 apresenta a distribuição das províncias hidrogeológicas do país e das regiões hidrográficas. Uma importante característica das províncias hidrogeológicas e dos sistemas aquíferos é que sua extensão não se restringe a uma bacia hidrográfica.

A caracterização dos domínios hidrogeológicos, apresentada a seguir, baseia-se essencialmente nos estudos de Rebouças (2002) e ANA (2005c).

• Domínio fraturado

O domínio fraturado ocupa cerca de 4.600.000 km², que equivalem a 54% do território nacional. É formado por diversos tipos de rochas, que incluem gnaiesses, xistos, filitos, granitos, metacalcários e quartzitos, todos de idade pré-cambriana (superior a 540 Ma.) e que dão origem aos terrenos denominados genericamente de cristalinos. Compreende as províncias hidrogeológicas dos escudos setentrional, central, oriental, meridional e centro-oeste (Figura 10.5). O domínio fraturado apresenta, em geral, sistemas aquíferos com potencial hídrico inferior àqueles pertencentes aos domínios hidrogeológicos Fraturado-Cárstico e Poroso.

Nos terrenos cristalinos, a produtividade dos poços depende da presença, da abertura e da conectividade das fraturas, características que determinam a capacidade de conduzir e armazenar água das rochas. Nas regiões onde o clima tropical domina, ou seja, na maior parte do território nacional, há condições favoráveis para o desenvolvimento do intemperismo químico, resultando em perfis de alteração, com solos que atingem algumas dezenas de metros de espessura e recobrem a rocha cristalina. Nessas áreas, forma-se um sistema de dupla porosidade que se encontra hidráulicamente conectado: fraturado, na porção mais profunda não alterada, e poroso, no manto de intemperismo. O manto de intemperismo desempenha importante papel na recarga dos aquíferos fraturados e no escoamento de base dos rios. As vazões dos poços nesses terrenos situam-se, de maneira geral, entre 6 e 8 m³/h. Esse contexto compreende as províncias hidrogeológicas dos escudos setentrional, central, oriental sudeste, meridional e centro-oeste. Além das feições intrínsecas dos aquíferos, a favorabilidade para exploração das águas subterrâneas é ampliada pelas condições climáticas em regiões de alta

pluviosidade. Na cidade de Rorainópolis (RR), por exemplo, existem poços no aquífero fraturado com ótimas vazões, que ultrapassam 35 m³/h.

No entanto, nas regiões em que prevalece o intemperismo físico em relação ao químico, o manto intemperismo é pouco espesso (1 a 3 m) ou inexistente, restringindo ainda mais a potencialidade dos terrenos cristalinos. Esse contexto é representado pela província hidrogeológica oriental nordeste, que possui uma área de cerca de 600.000 km², dos quais aproximadamente 400.000 km² estão situados no semi-árido nordestino (REBOUÇAS, 2002).

A associação de baixas precipitações, distribuição irregular das chuvas, delgado manto intempérico, quando não ausente, cobertura vegetal esparsa, especialmente no Bioma Caatinga, favorece o escoamento superficial em detrimento da infiltração. Assim, no cristalino do semi-árido nordestino brasileiro a produtividade dos poços fica restrita às zonas fraturadas na rocha. Os poços muito comumente apresentam vazões entre 1 e 3 m³/h, e a água possui elevada salinidade, freqüentemente acima do limite de potabilidade. Apesar disso, em muitas pequenas comunidades do interior nordestino esses poços constituem a fonte de abastecimento disponível.

O uso de dessalinizadores torna possível a utilização dos poços com água com elevada salinidade. A falta de critérios de locação de poços e de programas de manutenção das obras de captação torna muito elevada a quantidade de poços abandonados e desativados nesta área, que chega, em alguns Estados do Nordeste, a representar mais de 30% dos poços existentes.

Nesse contexto em que predominam as rochas metamórficas, ocorrem ainda alguns aquíferos porosos, localizados principalmente em pequenas bacias sedimentares com bom potencial hídrico. No escudo setentrional, destaca-se o Sistema Aquífero Boa

Vista, que ocorre na porção nordeste do Estado de Roraima, aflorando por cerca de 15.000 km², com espessura máxima estimada em 120 m. Ele é um aquífero livre, com vazão média de 33 m³/h para uma profundidade média de poços de 36 m. É importante fonte de abastecimento para a cidade de Boa Vista, contribuindo com 50% da demanda.

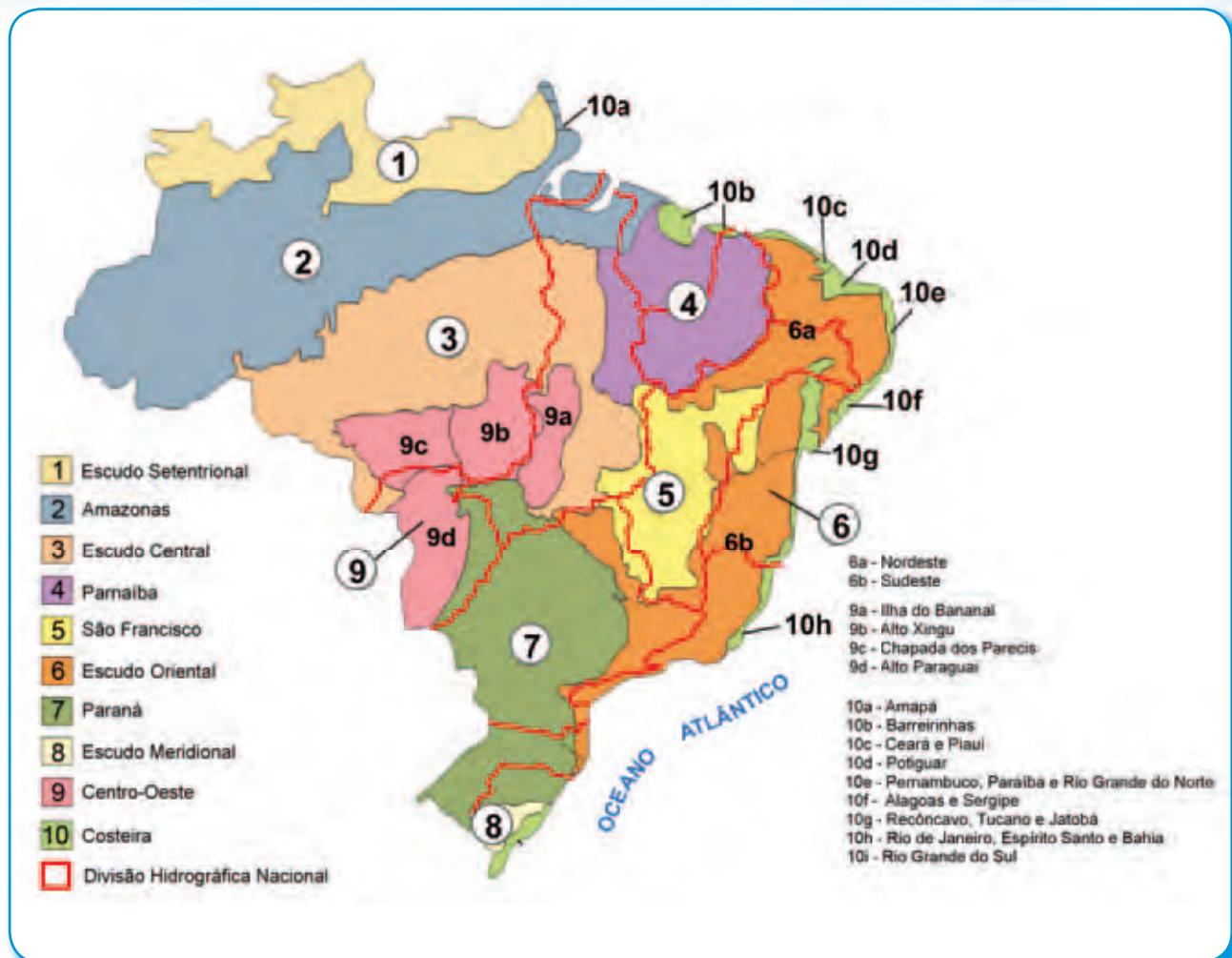



FIGURA 10.5 – Províncias e subprovíncias hidrogeológicas e regiões hidrográficas brasileiras
 Fonte: SIPNRH (SRH/MMA), (Brasil, DNPM/CPRM, 1981) adaptado

No escudo oriental do Sudeste, merecem destaque as bacias sedimentares de pequena extensão de São Paulo, Taubaté e Resende, que apresentam grande importância local. A província centro-oeste compreende quatro subprovíncias: Ilha do Bananal, Alto Xingu, Chapada dos Parecis e Alto Paraguai. Na subprovíncia Chapada dos Parecis, ocorre o Sistema Aquífero Parecis, que aflora no oeste de Mato Grosso e na extremidade leste do Estado de Rondônia, ocupando cerca de 88.000 km². Ele possui espessura média de 150 m, e os poços tubulares apresentam vazão média de 147 m³/h para uma profundidade média de 102 m.

• Domínio fraturado-cárstico

O domínio fraturado-cárstico ocupa aproximadamente 400.000 km², uma área correspondente a 5% do país. Os principais sistemas aquíferos são Jandaíra, da bacia Potiguar (província hidrogeológica costeira), e Bambuí (província hidrogeológica São Francisco). O fluxo de água nesses sistemas aquíferos é influenciado pelas feições de dissolução cárstica associadas à presença de discontinuidades rúpteis (fraturas) nas rochas calcárias. Em função disso, esses sistemas aquíferos apresentam poços com produtividade muito variada.

O mais importante sistema aquífero em extensão e potencial



hídrico é o Bambuí, que está localizado na província hidrogeológica São Francisco. Ele aflora numa área que corresponde à porção centro-norte do Estado de Minas Gerais, região centro-oeste da Bahia, além dos extremos sudeste de Tocantins e noroeste de Goiás. Por sua natureza cárstica e fraturada, o Bambuí é extremamente heterogêneo em termos de disponibilidade hídrica e produtividade de poços. De forma geral, as áreas de maior produtividade dos poços correspondem às áreas cársticas, em que predominam rochas calcárias. A faixa mais comum de vazão dos poços é de 5 a 60 m³/h para profundidades geralmente entre 50 e 150 m. O Sistema Aquífero Bambuí já é intensamente explorado em várias regiões da bacia hidrográfica do São Francisco, com destaque para a bacia do Verde Grande, afluente da margem direita do São Francisco, uma região de conflito de usos, e o Platô de Irecê, na Bahia. As duas representam áreas de intensa exploração da água, principalmente para irrigação.

• Domínio poroso

O domínio poroso ocupa uma área de cerca de 3.500.000 km², equivalente a 41% do território nacional. Ele inclui os aquíferos de maior vocação hídrica no país e está situado nas bacias sedimentares. As maiores bacias sedimentares brasileiras são do Paleozóico (540 a 250 milhões de anos), destacando-se as bacias do Paraná, do Parnaíba e do Amazonas.

A bacia sedimentar do Amazonas tem área de cerca de 1.300.000 km² e é compartimentada por estruturas regionais em bacias menores: do Acre, do Solimões e do Amazonas. Ocupa boa parte da região Norte do Brasil, coincidindo, em grande parte, com a bacia hidrográfica do rio Amazonas. A seqüência paleozóica a mesozóica de (490 a 65 Ma) chega a 7.000 m de espessura, sendo recoberta pelos sedimentos terciários com espessura média em torno de 600 m. O conhecimento hidrogeológico dessa região é reduzido. A vazão dos poços situa-se entre 10 e 400 m³/h. Os sistemas aquíferos mais importantes são o Solimões e o Alter do Chão.

O Sistema Aquífero Alter do Chão ocorre sotoposto ao Solimões, aflorando na região centro-norte do Pará e leste do

Amazonas, com grande disposição areal, perfazendo cerca de 312.000 km². Tem espessura máxima de 1.250 m (ANA, 2005c) e é do tipo livre. Este aquífero participa ao abastecimento das cidades de Manaus, Belém, Santarém e da Ilha de Marajó. A cidade de Manaus tem algumas centenas de poços, representando a principal fonte de abastecimento da população e das indústrias. A vazão média dos poços é de 54 m³/h para profundidade média de 133 m.

O Sistema Aquífero Solimões está localizado no topo da seqüência sedimentar da bacia do Amazonas, com ampla área de ocorrência, de cerca de 458.000 km², que corresponde ao Estado do Acre e parte do oeste do Estado do Amazonas. A espessura máxima dos sedimentos atinge 2.200 m. Em geral, é explorado como aquífero livre, entretanto também ocorre em condições confinadas. A vazão média dos poços é de 27 m³/h, e a profundidade média, de 56 m. Esse aquífero é utilizado, principalmente, para o abastecimento doméstico, sendo fonte importante para a cidade de Rio Branco.

A bacia sedimentar do Parnaíba é a principal bacia da região Nordeste com relação à potencialidade de água subterrânea (Figura 10.5). Sua espessura máxima atinge cerca de 3.000 m. Ocupa 69% da área do Estado do Piauí e 97% do Estado do Maranhão, com uma área de aproximadamente 700.000 km². Os principais sistemas aquíferos são: Serra Grande, Cabeças, Poti-Piauí e Itapecuru. Enquanto o Serra Grande, o Cabeças e o Poti-Piauí predominam no Piauí, no Maranhão ocorrem principalmente o Poti-Piauí e o Itapecuru. A vazão dos poços situa-se, na sua maioria, entre 5 e 400 m³/h, para profundidades entre 50 e 400 m. Apesar do bom potencial hídrico dos sistemas aquíferos, em algumas regiões, por causa das elevadas altitudes, sua captação torna-se problemática em função dos níveis de água profundos.

O Sistema Aquífero Serra Grande representa a porção basal da bacia sedimentar do Parnaíba, tem espessura média de 500 m, assentando-se diretamente sobre o embasamento cristalino e sendo confinado pelo aquífero Pimenteiras. Condições de artesianismo são frequentes na porção confinada do aquífero, em regiões como do rio Canindé e de Guaribas, no Município de Picos (Piauí). As vazões médias dos poços nas porções livres e confinadas são, respectivamente, de 6 e 14 m³/h.

O Sistema Aquífero Cabeças é considerado o de melhor potencial hidrogeológico na bacia. Tem comportamento livre e confinado e espessura média de 300 m. O confinamento é dado pela formação Longá, que exhibe espessuras, localmente, de até 200 m. Os poços apresentam vazões médias nas áreas livre e confinada, respectivamente, de 12 e 50 m³/h. No vale do rio Gurguéia, existem centenas de poços sem equipamentos de controle de vazão, de forma que tem ocorrido desperdício de água na região. Há poços captando conjuntamente os sistemas Cabeças e Serra Grande, que tem vazão jorrante de 1.000 m³/h, como é o caso dos poços Violetos, situados no Município de Alvorada do Gurguéia (PI). A exploração de água subterrânea na região iniciou-se nos projetos de irrigação das décadas de 1970 e 1980.

O Sistema Aquífero Poti–Piauí é explorado como aquífero livre e confinado, apresentando espessura média de 400 m e área de cerca de 117.000 km². Aflora em grande parte da porção ocidental do Estado do Piauí, alcançando o sul do Pará e o nordeste do Tocantins. As vazões médias nas porções livre e semiconfinada são, respectivamente, de 18 e 40 m³/h.

O Sistema Aquífero Itapecuru é o de mais ampla ocorrência, ocupando a porção centro-norte do Estado do Maranhão e uma faixa leste no Estado do Pará, com uma área de cerca de 107.000 km². Ele ocorre, em geral, de forma livre e, localmente, semiconfinado. Sua espessura média é de 100 m. Os poços apresentam vazão média de 12 m³/h e profundidade média de 91 m. Os sistemas aquíferos Itapecuru e Barreiras participam de forma significativa do abastecimento da população de São Luís. As águas subterrâneas contribuem com 44% do abastecimento de água potável na cidade.

A bacia sedimentar do Paraná perfaz cerca de 1.000.000 km² em território brasileiro, estendendo-se para a Argentina, o Paraguai e o Uruguai. Ocupa parte das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país. Tem espessura máxima de cerca de 8.000 m, incluindo sedimentos do Ordoviciano (490 Ma.) até o Cretáceo (65 Ma.). As vazões dos poços situam-se entre 10 e 700 m³/h. Os principais sistemas aquíferos são: Guarani, um dos maiores mananciais subterrâneos do mundo, o Sistema Aquífero Serra Geral, formado

por rochas basálticas, que formam um sistema fraturado, e o Bauru–Caiuá. Nas bordas da bacia sedimentar, merecem destaque os sistemas aquíferos Furnas e Ponta Grossa. A exploração desses aquíferos nas porções centrais da bacia é dificultada pelas elevadas profundidades necessárias para os poços. No Estado de São Paulo, os principais sistemas aquíferos explorados estão situados na bacia do Paraná.

O Sistema Aquífero Guarani estende-se por uma área de aproximadamente 1.195.000 km², no Brasil, na Argentina, no Paraguai e no Uruguai. Cerca de 71% desse total está no Brasil. No território nacional, esse sistema ocorre no subsolo de oito Estados e em quatro regiões hidrográficas: Paraguai, Tocantins, Paraná e Atlântico Sul. Sua espessura varia entre 200 e 800 m, com valor médio de 250 m. Cerca de 90% do sistema aquífero é confinado. Alguns milhares de poços já perfurados têm profundidades entre 300 e 1.500 m. As vazões variam de 50 a 1.000 m³/h, com predominância de valores entre 100 e 500 m³/h, ou seja, suficiente para abastecer entre 10 mil e 50 mil pessoas por poço. Apesar de o consumo atual, em nível regional, se situar abaixo da recarga anual, vários Municípios já apresentam sinais de superexploração, notadamente Ribeirão Preto e Bauru. O primeiro tem cerca de 500 mil habitantes abastecidos com água subterrânea, tendo como principal manancial o Guarani.

O Sistema Aquífero Serra Geral é do tipo fraturado, possui uma área aflorante de cerca de 412.000 km² e espessura média de 150 m. Ocorre recobrimdo as formações paleozóicas da bacia do Paraná e confinando o Sistema Aquífero Guarani. Em direção ao centro da bacia, alcança espessura de 2.000 m. Os poços explorados têm profundidades médias de 123 m e vazão média de 23 m³/h.

O Sistema Aquífero Bauru–Caiuá é do tipo poroso, livre a semiconfinado e possui uma área aflorante de aproximadamente 353.000 km². Sua espessura média é de 200 m. Ele tem maior exposição areal na região hidrográfica do Paraná, sobreposto às intrusivas do Sistema Aquífero Serra Geral e ocupa grande parte do oeste do Estado de São Paulo, onde representa importante fonte de abastecimento. Na cidade de São José do Rio Preto (SP), 70% da população é abastecida por água subterrânea. No Estado do Paraná, a Sanepar operava 121 poços para abastecimento público

(MENDES et al., 2002). A profundidade média dos poços neste sistema é de 140 m com vazão média de 19 m³/h.

As bacias sedimentares do Mesozóico (250 a 65 milhões de anos), em geral de dimensões inferiores às do Paleozóico, são comuns no território brasileiro e concentram-se na região litorânea. Apresentam espessuras variáveis, que podem atingir alguns milhares de metros. As principais bacias mesozóicas, em relação ao potencial hídrico, são: Araripe, São Francisco, Potiguar, Pernambuco–Paraíba e Recôncavo–Tucano–Jatobá. Com exceção das bacias do Araripe e São Francisco, as demais pertencem à província hidrogeológica costeira, que forma uma estreita faixa descontínua que se estende ao longo do litoral, do Amapá ao Rio Grande do Sul. Comparativamente, é a província mais ameaçada pela forma de extração desordenada das águas subterrâneas no Brasil (REBOUÇAS, 2002).

A bacia sedimentar do Araripe localiza-se no Semi-árido nordestino, na área do escudo oriental nordeste, cobrindo uma área de cerca de 11.000 km², nos limites dos Estados de Pernambuco, do Ceará e do Piauí. As vazões dos poços situam-se na faixa de 5 a 150 m³/h, para profundidades de 50 a 300 m. A bacia é subdividida em três sistemas aquíferos. O sistema aquífero inferior, que inclui parte do aquífero Mauriti e a parte basal do Brejo Santo, apresenta espessuras que variam de 60 a 100 m. Ele é confinado pelo aquífero Brejo Santo (400 m de espessura).

O sistema aquífero médio, que inclui o aquífero Missão Velha, apresenta 500 m de espessura, sendo confinado pelo aquífero Santana (180 m de espessura). Por fim, o sistema aquífero superior inclui o aquífero Exu e possui 320 m de espessura. No contato entre Exu e Santana, ocorrem fontes que abastecem várias comunidades. Cidades como Juazeiro do Norte e Crato, no Ceará, são total ou parcialmente abastecidas por água subterrânea.


A bacia sedimentar do São Francisco está localizada na província hidrogeológica homônima e forma uma faixa de direção norte-sul que ocupa o oeste de Minas Gerais e da Bahia, atingindo o extremo sul dos Estados do Piauí e do Maranhão. Sua área de afloramento é de aproximadamente 118.000 km². Apresenta como principal sistema aquífero o Urucuia (inclui as formações Urucuia, Areado e Mata da Corda), que é explorado principalmente sob

condições livres, apresentando localmente condições de semiconfinamento. Sua espessura pode atingir valores da ordem de 700 m. As vazões dos poços situam-se entre 10 e 300 m³/h para profundidades em torno de 50 a 400 m. Seus sedimentos dão origem a extensos chapadões. Nas zonas de chapadas com cotas superiores a 900-1.000 m, os níveis de água podem ser bastante profundos. É comum a formação de inúmeras fontes nas encostas dessas chapadas. O sistema aquífero apresenta grande importância na manutenção do escoamento de base de rios da margem esquerda do São Francisco, como Corrente e Grande.

A bacia sedimentar Apodi ou Potiguar ocupa uma área de cerca de 14.000 km² e está situada entre os Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. Apresenta como principais sistemas aquíferos o Açú e o Jandaíra. O Sistema Aquífero Açú é explorado sob condições livre e confinada, e nesta última apresenta maior produtividade. Ele é confinado, em parte, pelos calcários do Jandaíra e apresenta uma espessura média de cerca de 200 m. As vazões dos poços situam-se na faixa de 20 a 200 m³/h, para profundidades entre 60 e 150 m. O Jandaíra é um aquífero do tipo fraturado-cárstico e livre, que apresenta espessuras médias na faixa de 50 a 250 m. As vazões dos poços ficam entre 10 e 150 m³/h, para profundidades entre 50 e 800 m nas porções confinadas. Localmente já existem indícios de superexploração dos sistemas aquíferos Açú e Jandaíra. Neste último existem dados sobre a ocorrência de rebaixamentos de mais de 20 m no nível de água dos poços na região de Baraúna (RN), onde é praticada a fruticultura irrigada.

A bacia sedimentar do Recôncavo–Tucano–Jatobá ocupa uma área de cerca de 41.000 km². As vazões dos poços estão entre 5 e 200 m³/h para profundidades geralmente entre 50 e 250 m. A bacia do Recôncavo compreende os aquíferos Brotas na base e, no topo, São Sebastião e Marizal, que compõem o denominado sistema aquífero superior. As demais unidades sedimentares da bacia formam aquíferos de baixo potencial hídrico ou aquíferos. O aquífero São Sebastião pode atingir profundidades de 1.500 m. As cidades de Salvador e Camaçari, por exemplo, têm parcela importante de seu abastecimento dependente desse aquífero.

A bacia do Tucano está localizada na região semi-árida do nordeste do Estado da Bahia e compreende os aquíferos Tacaratu, Brotas, Ilhas, São Sebastião (predomi-



nantemente confinado) e Marizal. Os sedimentos do Sistema Aquífero Ilhas podem atingir espessuras de até 900 m, e os do Marizal de até 400 m. A bacia do Jatobá apresenta como principais sistemas aquíferos Tacaratu e Inajá, que formam a base da seqüência sedimentar da bacia, com um pacote com cerca de 600 m de espessura. São aquíferos explorados sob condições livres e confinadas. Ocorrem também nesta bacia os sistemas aquíferos Marizal e São Sebastião.

A bacia sedimentar Pernambuco-Paraíba ocupa a costa oriental nordestina, entre o Rio Grande do Norte e Pernambuco, com cerca de 9.000 km², tendo como principal sistema aquífero o Beberibe, que apresenta espessura média na zona costeira de 200 m, sendo confinado pelos calcários da formação Gramame. Ele é o principal manancial subterrâneo na cidade do Recife, sendo explorado por cerca de 4 mil poços. O crescimento desordenado do número de poços na região tem provocado significativos rebaixamentos do nível de água e problemas de salinização das águas.

Por sua extensão e potencial hídrico, o Sistema Aquífero Barreiras apresenta grande importância hidrogeológica no contexto da província hidrogeológica costeira. Ele é um aquífero do tipo predominantemente livre e localmente semiconfinado, que ocorre acompanhando a região costeira, formando a paisagem dos tabuleiros arenosos e recobrando os terrenos cristalinos e os sedimentos das bacias sedimentares do Parnaíba, Potiguar, Paraíba-Pernambuco, Sergipe-Alagoas e Recôncavo-Tucano-Jatobá. Sua espessura média é de 60 m (PR/SPOC, 1994), mas pode chegar a 200 m. A grande variação de produtividade observada nos poços é função da heterogeneidade litológica e da dependência de ocorrência de níveis arenosos. Na região em que recobre os sedimentos da bacia sedimentar Sergipe-Alagoas, é possível a captação conjunta de outros aquíferos sotopostos.

O potencial hídrico na região de ocorrência do Barreiras é ampliado especialmente onde ele recobre os sedimentos Marituba (formação do grupo Piaçabuçu), com poços com vazão média em torno de 60 m³/h. O Barreiras e o Barreiras-Marituba, que funcionam como um único

sistema aquífero com condições predominantemente de semiconfinamento, respondem por cerca de 80% do abastecimento da população da cidade de Maceió. O Barreiras tem grande participação também no abastecimento de cidades como Belém, Recife, São Luís, Fortaleza e Natal, e nos Estados do Espírito Santo e do Rio de Janeiro (CAVALCANTE et al., 1998 apud AGUIAR; CORDEIRO, 2002). Na Região Metropolitana de Natal, o Barreiras e o aquífero Dunas respondem por cerca de 65% do abastecimento (MELO et al., 1998).

Os sistemas aquíferos porosos aluviões e cobertura detrítico-laterítica formam aquíferos livres normalmente de extensão local. Apesar do potencial hídrico baixo a moderado, representam, localmente, principalmente na zona rural, importante fonte de abastecimento da população, sendo explorados comumente por meio de poços rasos. No caso específico dos aluviões localizados ao longo da calha dos rios do semi-árido nordestino, eles desempenham importante papel no abastecimento de pequenas comunidades e na irrigação em pequena escala. As vazões obtidas pelos poços nestes sistemas aquíferos normalmente se situam entre 1 e 10 m³/h.

Apesar do grande potencial de água subterrânea no país, predomina a proliferação indiscriminada de poços, que são freqüentemente malconstruídos e não seguem normas técnicas. A exploração dos sistemas aquíferos é feita de forma descontrolada. Esse fato tem comprometido seriamente as águas subterrâneas em termos de qualidade e quantidade. Localmente já existem indícios de superexploração em sistemas aquíferos importantes.

A Tabela 10.5 apresenta as reservas de água subterrânea do país e a correlação entre as províncias hidrogeológicas e os principais sistemas aquíferos com as regiões hidrográficas. Destaca-se que as reservas estão concentradas no domínio poroso, com a bacia sedimentar do Paraná dispondo de aproximadamente 40% do total do Brasil, com um volume de 50.400 km³. Em seguida, aparecem as bacias sedimentares do Parnaíba e do Amazonas. No contexto do domínio fraturado, representado pelo embasamento geológico, as reservas hídricas são significativamente menores, totalizando 10.080 km³.

TABELA 10.5

Domínios hidrogeológicos, as províncias e as subprovíncias que estes compreendem, os principais aquíferos e os sistemas aquíferos com as bacias hidrográficas

DOMÍNIO		PROVÍNCIA HIDRO- GEOLÓGICA	SUB-PROVÍNCIAS/ BACIAS LOCAIS	SISTEMAS AQÜIFEROS/ AQÜIFEROS (Principais)	REGIÕES HIDRO- GRÁFICAS (Correlação Figura 10.5)	ÁREA (Km ²)	VOLUME (Km ³)
Fraturado (fissural)	Embasamento Geológico (subaflorante)	Escudo Oriental – 6	Província/Escudo Oriental de Nordeste – 6a	Rochas fraturadas Manto intemperismo pouco espesso	São Francisco Atlântico Leste	600.000	80
	Embasamento Geológico (espesso manto- rocha alterada)	Escudo Oriental – 6	Província/Escudo Oriental de Nordeste – 6b	Rochas fraturadas/ manto intemperismo espesso	Atlântico Sudeste/Sul e Leste São Francisco/Paraná	3.380.000	10.000
		Escudo Setentrional – 1	–	Boa Vista, Tacatu, Roraima	Amazônica		
		Escudo Central – 3	–	Paçaás Novos e Beneficente	Tocantins–Araguaia/ Amazônica		
		Escudo Ocidental/ Meridional – 8	–	Rochas fraturadas/ manto intemperismo	Atlântico Sul/Uruguai		
		Província Centro- Oeste – 9 9 (a/b/c)	Chapada Parecis/ Alto Paraguai	Metamórficas de baixo grau e cárstico (local)	Paraguai/Tocantins– Araguaia/Amazônica		
Fraturado Cárstico		Bacia do São Fran- cisco – 5	Calcáreos – Grupo Bambui	Bambui	São Francisco/Atlân- tico Leste	181.868	780
		Bacia Costeira – 10	10d – Apodi ou Po- tiguár – Recife (**)	Jandaíra (calcáreos)	Atlântico Nordeste Oriental	11.589	(**)
		Diversos/Outros	–	–	–	206.543	–

(continuação)

DOMÍNIO		PROVÍNCIA HIDRO- GEOLOGICA	SUB-PROVÍNCIAS/ BACIAS LOCAIS	SISTEMAS AQUÍFEROS/ AQUÍFEROS (Principais)	REGIÕES HIDRO- GRÁFICAS (Correlação Figura 10.5)	ÁREA (Km ²)	VOLUME (Km ³)	
Poroso	Grandes Bacias Geológicas	Bacia do Amazonas – 2	Sedimentos	Alter Chão (312.000 km ²), Solimões (458.000 km ²) Iça (530.000 km ²)	Amazônica/Tocantins-Araguaia Atlântico Nordeste Ocidental	1.300.000	32.500	
		Província/Bacia do Parnaíba – 4	Bacia do Parnaíba	Serra Grande/Cabeças (principais) Poti-Piauí/Sambaíba, Corda, Codó	Parnaíba/Tocantins Atlântico Nordeste Ocidental	700.000	17.500	
			10b – São Luiz-Barreirinhas	Itapecuru (205.000 km ²) e Barreiras	Atlântico Nordeste Ocidental			
		Bacia do São Francisco – 5	Sedimentos	Urucuia/Areado (principais) Salitre/Jacaré Uruçui, Mata da Corda, Paranoá	São Francisco/Tocantins-Araguaia Tocantins Araguaia	144.086	–	
		Bacia do Paraná – 7	Sedimentos	Guarani (850.000 km ²)	Paraná/Paraguai/Tocantins-Araguaia	1.000.000	50.400	
			Formação Serra Geral – rochas basálticas fraturadas	Serra Geral (412.000 km ²)	Atlântico Sul/Uruguai/Paraná/Paraguai			
			Sedimentos	Bauru-Caiuá (353.000 km ²)	Paraná/Paraguai			
		Província Centro-oeste – 9	Bacia do Pantanal – 9d	Pantanal, Ilha do Bananal e Alto Xingú	Paraguai			
		Bacias Sedimentares Interiores	Escudo Oriental – 6a	S. Belmonte, Mirandiba, Cedro, Araras, Fátima, Carnaubeira Iगतu-Icó, V. Alegre-Lavras, Rio Peixe, Martins, Paus Ferros	–	Atlântico Nordeste Oriental São Francisco/Parnaíba		
				Araripe (Área 11.000 km ²)	Rio Batateira Missão Velha, Exú e Mauriti	Parnaíba/São Francisco		
	Escudo Oriental Sudeste – 6b		Bacias Cenozóicas (São Paulo/Taubaté/Resende)	Sedimentos	Paraná/Atlântico Sudeste			
	Faixa Sedimentar Costeiras	Costeiras – 10	10a – Amapá	Sedimentos inconsolidados	Amazônica	Aprox 985.914	–	
			10c – Ceará e Piauí	Beberibe, Barreiras e Dunas	Atlântico Nordeste Oriental			
			10d – Apodi/Potiguar – Recife (Área total 23.000 km ²)	Açu (sedim.) (Jandaíra – descrita no Cárstico (**))	Atlântico Nordeste Oriental			
			10e – Paraíba – Pernambuco (Área 9.000 km ²)	Beberibe, M. Farinha, Gramame (calcáreo), Barreiras	Atlântico Nordeste Oriental			
			10f – Alagoas – Sergipe	Barreiras/Marituba, Piaçabuçu, Contiguiba	Atlântico Nordeste Oriental e Leste			
			10g – Recôncavo-Tucano-Jatobá (Área total 41.000 km ²)	S. Sebastião, Marizal, Barreiras, Ilhas (Rec/Tucano) Inajá/Tacaratú (Jatobá)	Atlântico Leste/São Francisco			
			10h – Rio de Janeiro/Espírito Santo/Bahia	Depósitos Quaternários/Barreiras	Atlântico Sudeste e Leste			
			10i – Rio Grande do Sul	Depósitos Quaternários/Cenozóicos	Atlântico Sul/Uruguai			
	TOTAL						8.510.000	111.260

Fonte: Adaptado de Rebouças, 2002; Leal, 2005; ANA, 2005c

10.4.2 Qualidade das águas subterrâneas

De forma geral, as águas subterrâneas no país são de boa qualidade, com propriedades físico-químicas e bacteriológicas adequadas a diversos usos, incluindo o consumo humano. Na sua forma natural, as principais restrições que podem existir são (ANA, 2005c):

- Problemas localizados de elevada dureza e/ou sólidos totais dissolvidos nas regiões de ocorrência de rochas calcárias, como, por exemplo, os sistemas aquíferos Bambuí e Jandaíra, que podem restringir alguns usos. Este efeito está associado à dissolução promovida pela água subterrânea nessas rochas.
- Elevados valores de sólidos totais dissolvidos nas porções mais profundas dos aquíferos, especialmente nas partes confinadas das bacias sedimentares, como é o caso de Guarani, Açú e Serra Grande. Por causa das condições de circulação lenta, a água subterrânea vai-se enriquecendo em sais minerais em profundidade.
- Elevados valores de sólidos totais dissolvidos (frequentemente acima de 2.000 mg/L) nos poços que exploram os aquíferos fraturados (terrenos cristalinos) do semi-árido nordestino. O uso de dessalinizadores tem sido uma alternativa para o aproveitamento dessas águas. Questões como o destino dos rejeitos produzidos no processo de dessalinização e a manutenção dos equipamentos são aspectos importantes no gerenciamento que ainda necessitam de uma solução. O uso de aluviões e barragens subterrâneas, desde que tecnicamente bem planejado, é alternativa importante para o abastecimento de água com boa qualidade.
- Ocorrência natural nas rochas de minerais cuja dissolução, localmente, gera água com concentrações acima do padrão de potabilidade. É o caso do ferro em sistemas aquíferos como Alter do Chão, Missão Velha e Barreiras, e flúor no Bambuí, no Guarani e na Serra Geral. As concentrações de ferro não apresentam risco à saúde humana, mas podem provocar problemas como sabor metálico e incrustação em poços. Recentemente, foram descritos os primeiros

casos de excesso de fluoreto nos poços que captam água do aquífero sedimentar e cristalino da Região Metropolitana da Cidade de São Paulo (MARTINS NETTO et al., 2004). Diversos estudos realizados no Estado do Rio Grande do Sul têm mostrado também elevados valores de fluoreto nas águas subterrâneas (LOBO et al., 2000; COSTA et al., 2004). É conhecida ainda a ocorrência de elevados teores de cromo em águas do Sistema Aquífero Bauru-Caiuá, que muitas vezes inviabiliza seu uso. A origem antrópica ou natural desse composto na água ainda é controversa.

Uma comprovação da qualidade das águas do subsolo do país é o grande uso de águas minerais e potáveis de mesa para consumo humano, especialmente nos grandes centros urbanos. Esse mercado movimenta anualmente cerca de U\$ 450 milhões (QUEIROZ, 2004).

Embora as águas subterrâneas possuam uma qualidade natural muito boa, as atividades antrópicas nas últimas décadas têm comprometido significativamente alguns aquíferos. Os principais problemas identificados, segundo a ANA (2005c), são:

- A perfuração de poços sem a elaboração de projetos construtivos e sem seguir normas técnicas é uma realidade comum em todo o país. A inadequada construção, sem vedação sanitária, de poços rasos e profundos pode torná-los fontes pontuais de contaminação das águas subterrâneas pela conexão direta que eles proporcionam entre a superfície e as porções mais rasas do aquífero com as partes mais profundas. A questão do adequado fechamento de poços abandonados e desativados também é fundamental para a proteção dos aquíferos.
- A proliferação indiscriminada de poços, que gera problemas de superexploração dos aquíferos, provoca o significativo rebaixamento do nível freático e compromete indiretamente a qualidade das águas.
- A carência dos sistemas de saneamento é uma realidade comum em todo o país e em especial nas zonas rurais e nos subúrbios dos grandes centros urbanos.

Nessas áreas, é bastante comum a associação do uso de poços rasos e profundos com fossas negras. Neste caso, é comum a contaminação microbiológica e por nitratos das águas subterrâneas. Esse problema já foi bem estudado e caracterizado na área de ocorrência do Sistema Aquífero Barreiras, em cidades como São Luís, Fortaleza, Belém e Natal, mas é também generalizado no país.

- O excessivo bombeamento de poços na região costeira, que aumenta a intrusão da cunha de água do mar, gerando problemas de salinização das águas. Já existem indícios de intrusão salina, por exemplo, nos aquíferos costeiros da região oceânica de Niterói (RJ) (SILVA JÚNIOR et al., 2000) e no Sistema Aquífero Barreiras, nas cidades de São Luís, Maceió e em áreas do Estado do Rio de Janeiro.
- Disposição inadequada de resíduos sólidos em lixões. O chorume, líquido resultante da decomposição do lixo, infiltra-se e atinge os aquíferos. Um cenário bastante comum no país é a presença de famílias vivendo perto de lixões que acabam consumindo a água subterrânea local. A impermeabilização da base do aterro, a drenagem e o tratamento do lixiviado são fundamentais para a proteção dos recursos hídricos subterrâneos.
- Atividade industrial, em que a disposição inadequada de resíduos sólidos associada a eventuais acidentes contamina o solo e a água subterrânea. Como exemplo, existe o caso da Shell em Paulínia, São Paulo.
- Vazamentos de tanques de armazenamento de postos de combustíveis. Alguns compostos presentes nos combustíveis, como o benzeno, são cancerígenos. A dimensão do problema no Brasil ainda é pouco conhecida, mas a julgar pela experiência internacional ela deve ser significativa. No Estado de São Paulo, os líquidos combustíveis representam o principal grupo de contaminantes, sendo seu armazenamento a principal atividade contaminadora.
- O uso de insumos agrícolas, como agrotóxicos (inseticidas, herbicidas, pesticidas e fungicidas, entre outros) e fertilizantes, tem grande potencial de contaminação difusa. Cogita-se que as elevadas concentrações de nitrato nas águas subterrâneas

do Sistema Aquífero Bauru–Caiuá sejam causadas pelo uso de fertilizantes. O impacto da atividade agrícola sobre a qualidade das águas subterrâneas no país ainda é desconhecido, em função dos poucos estudos realizados sobre o tema. O comportamento na subsuperfície de muitos agroquímicos, em termos de mobilidade e biodegradação, ainda não foi adequadamente avaliado para as condições pedológicas e climáticas do país.

- Os impactos da mineração sobre os recursos hídricos subterrâneos são ainda pouco estudados. Uma das poucas áreas em que o conhecimento sobre o assunto é razoável ocorre no Estado de Santa Catarina, onde a mineração de carvão compromete a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

A informação sobre a qualidade das águas subterrâneas no país existe de forma dispersa e está concentrada, principalmente, nos aquíferos localizados próximo às capitais. Há carência de estudos sistemáticos sobre os aquíferos em um contexto regional e sobre a qualidade química e microbiológica de suas águas.

10.5 ÁGUAS DE CHUVA

O Brasil, em virtude de suas dimensões continentais, possui uma diversificação climática bem ampla, influenciada por sua configuração geográfica, sua significativa extensão costeira, seu relevo e a dinâmica das massas de ar sobre seu território. Este último fator assume grande importância, pois atua diretamente sobre as temperaturas e os índices pluviométricos nas diferentes regiões do país.

Na maioria das regiões hidrográficas brasileiras, o clima é caracterizado por um ciclo anual de chuvas seguido de um período de estiagem. As irregularidades das chuvas dificultam sua utilização direta, requerendo que haja armazenamento de água durante o período chuvoso para ser utilizada nas estiagens.

No Semi-árido brasileiro, tal irregularidade, associada à pluviosidade média igual ou inferior a 800 mm (MMA/SRH, 2004) e à alta evapotranspiração, faz com que muitos

córregos e rios sequem nas estiagens mais prolongadas, causando as secas, produzindo sérios impactos econômicos e sociais nas populações que habitam essa região.

A captação direta das águas de chuvas em pequenos reservatórios para seu armazenamento e uso tem sido uma das alternativas adotadas para amenizar o flagelo das populações de baixa renda com pouco acesso à água no Semi-árido brasileiro. Nesse sentido, destaca-se o Programa Um Milhão de Cisternas, desenvolvido pelo Ministério do Desenvolvimento Social (MDS) em parceria com a Articulação no Semi-árido Brasileiro (ASA).

Em grandes centros urbanos, para garantir o contínuo abastecimento de água durante todo o ano, têm sido utilizadas metodologias como a transposição de águas entre bacias hidrográficas e a construção de açudes. Entretanto, essas soluções não conseguem abranger todo o universo, deixando de fora, por exemplo, moradias isoladas, que não têm acesso à infra-estrutura de distribuição de água potável.

Volumes significativos de águas de chuva deixam de ser aproveitados pelas populações locais dos grandes centros urbanos, indo compor enxurradas que escoam rumo aos pontos mais baixos por causa da baixa capacidade de infiltração encontrada nesses centros, relacionada à grande extensão de áreas impermeabilizadas.

A impermeabilização dos solos nas grandes cidades é hoje fato consumado, enquanto o emprego de materiais de cobertura que facilitem a infiltração da chuva é exceção. Em paralelo ao aumento das áreas impermeabilizadas, ocorre um adensamento da população e um aumento da demanda por água potável, o que tende a tornar a situação de abastecimento preocupante. Ademais, com crescente frequência as chuvas traduzem-se em enchentes. As águas pluviais, que poderiam amenizar o problema do abastecimento, muitas vezes transformam-se numa “ameaça”, sendo vistas como algo de que a população precisa “livrar-se o mais rápido possível”.

Tradicionalmente, as redes de drenagem urbana eram construídas com o objetivo de remover as águas pluviais do local, evitando-se transtornos, prejuízos e riscos de inundação. Para tanto, eram adotadas medidas que não englobavam a visão de que a drenagem urbana precisa, além de evitar inundações, possibilita também o desenvol-

vimento das populações de forma harmônica, articulada e sustentável (modificado de TUCCI, 1993).

Durante a oficina “Aspectos institucionais, legais e tecnológicos para manejo das águas de chuva no meio rural e urbano”, ocorrida em julho de 2005, em Brasília-DF, foram mostrados exemplos da cultura existente no Brasil quanto à drenagem urbana e discutida a importância da formação de uma nova visão com um novo paradigma. Ou seja, as águas pluviais, diferentemente do que se observa atualmente, devem ser contidas ou mitigadas no início de seu acontecimento por medidas estruturais de contenção e infiltração e conseqüente redução dos usos das galerias de drenagem. O manejo sustentável das águas de chuva é uma peça insubstituível no grande quebra-cabeça do saneamento ambiental nas cidades brasileiras.

A água de chuva é um bem a ser captado de telhados, do chão e do solo, armazenado e/ou infiltrado de forma segura, tratado conforme requerido pelo uso final e utilizado no seu potencial pleno, substituindo ou suplementando outras fontes atualmente usadas, antes de ser finalmente dispensado.

Nesse sentido, quer seja para o armazenamento e o consumo, quer seja para a redução dos impactos negativos que podem ser causados a jusante pelo escoamento advindo das cidades a montante, a adoção de práticas e tecnologias de manejo de água de chuvas nas zonas urbanas, tais como a instalação de sistemas de captação nas edificações e o aumento de áreas urbanas com cobertura vegetal, deve ser intensificada.

O incentivo à captação de água de chuva pode se dar, inclusive, por meio de: leis; facilidades de financiamento, considerando, por exemplo, a redução de impostos (IPTU) de propriedades que aumentem sua área permeável e/ou aproveitem a água de chuva; campanhas de educação e esclarecimento da opinião pública; e incentivos à realização de pesquisas que validem as técnicas e as tecnologias de manejo sustentável das águas de chuvas.

10.6 VARIABILIDADE CLIMÁTICA

O escoamento dos rios é influenciado pelos sistemas de circulação da atmosfera, que, de forma geral, permanecem constante ao longo dos anos, mas possuem uma variabi-

lidade natural, podendo-se perceber, por exemplo, anos mais ou menos chuvosos.

No Brasil, o período considerado crítico pelo setor elétrico, em relação à geração de energia a partir de hidrelétricas, ou seja, aquele correspondente às menores vazões observadas, estendeu-se de 1949 a 1956. Porém, na Região Hidrográfica do São Francisco, o período crítico foi entre 1999 e 2001, quando ocorreu racionamento de energia elétrica em todo o país. Destacam-se também as secas que têm ocorrido na região Sul do país nos últimos anos e a forte estiagem ocorrida na região Amazônica no segundo semestre de 2005. Na região hidrográfica do São Francisco, os anos de 1945 e 1979 foram muito atípicos, com vazões quase três vezes (em termos de desvio-padrão) acima da média. Na Região Hidrográfica do Paraná, o ano de 1983 foi extremamente chuvoso e a vazão foi quase cinco vezes (em termos de desvio-padrão) acima da média.

Um tema que vem preocupando a comunidade científica e a sociedade em geral é a perspectiva de que as diversas ações antrópicas estejam alterando o clima na Terra. Na Região Hidrográfica do Paraná, observa-se que as vazões vêm aumentando sistematicamente na bacia desde o início dos anos 1970. Estudos realizados pela Agência Nacional de Águas (não publicado), Tucci e Clarke (1995) e Müller et al. (1998) apontam a não-estacionariedade (uma série temporal é dita estacionária se suas propriedades estatísticas não mudam com o tempo) das séries hidrológicas afluentes a Itaipu. Müller et al. (1998) sugerem que o aumento de vazões na bacia do Paraná não seria explicado apenas por variações climáticas, mas decorreria dos efeitos conjuntos do aumento da precipitação e da diminuição da evapotranspiração provocada pela retirada da mata nativa e pelo manejo do solo. No entanto, nas demais regiões hidrográficas, em especial Tocantins-Araguaia e São Francisco, não se observam fenômenos de não-estacionariedade.

Apesar dos estudos em andamento, ainda existem incertezas quanto às conseqüências dos efeitos das mudanças climáticas e a sua relação com o agravamento de eventos críticos. Porém, há um risco associado a essas possíveis mudanças, o qual está relacionado à oferta de recursos hídricos e que necessita de um gerenciamento do risco climático nos recursos hídricos.

10.7 DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS

Os usos da água podem ser não consuntivos – aqueles que não afetam significativamente a quantidade da água; e consuntivos, aqueles que implicam a redução da disponibilidade hídrica.

Os usos não consuntivos referem-se principalmente às atividades de hidroeletricidade, navegação, recreação e lazer, piscicultura e aquíicultura. Essas atividades, apesar de não afetarem a disponibilidade quantitativa da água, podem ter efeitos sobre a qualidade e/ou sobre o regime de vazões do manancial.

Os usos consuntivos referem-se principalmente aos usos urbano (doméstico e público), rural (comunidades), agropecuário (irrigação e animal) e industrial. Esses são de particular interesse por consumirem a água disponível aos diversos usos.

As demandas hídricas no Brasil têm sido intensificadas com o crescimento populacional e o desenvolvimento econômico, tanto no que se refere ao aumento das quantidades quanto no que se refere à variedade dos usos. Em conseqüência, nas áreas em que a água é mais limitada, vêm surgindo disputas e estabelecendo-se conflitos entre os usuários.

Mais recentemente, têm aumentado as pressões ambientais para que se mantenha o ambiente em seu estado natural, fato que se constitui num fator adicional na disputa pelo uso das águas.

As demandas de água para os diversos usos consuntivos são resultado das estimativas realizadas pela ANA (2005a). Elas foram calculadas para cada Município, utilizando-se a base municipal do IBGE, referente ao Censo Demográfico de 2000 e ao Censo Agropecuário de 1996, e agregadas nas diversas unidades de gerenciamento de recursos hídricos do país.

Três classes de vazões foram consideradas: vazão de retirada, que corresponde à vazão extraída pelo usuário; vazão de retorno, que corresponde à parcela da água extraída que retorna ao manancial; e vazão de consumo, que é calculada pela diferença entre as vazões de retirada e de retorno, ou seja, a vazão efetivamente consumida.

A vazão de retirada para usos consuntivos, no ano de referência de 2000, é de 1.592 m³/s. Cerca de 53% desse total (841 m³/s) é efetivamente consumido e 751 m³/s retornam à bacia.

A Tabela 10.6 apresenta as vazões de retirada, consumo e retorno por tipo de usuário no Brasil. Observa-se

que cerca de 46% das vazões de retirada destinam-se à irrigação, 26% são destinadas para abastecimento urbano, 18% para a indústria, 7% para a demanda animal e apenas 3% para abastecimento rural. Em relação às

vazões efetivamente consumidas, 69% são destinadas à irrigação, 11% ao abastecimento urbano, 11% ao abastecimento animal, 7% ao uso industrial e 2% ao abastecimento rural.

TABELA 10.6
Vazões de retirada, consumo, retorno e percentuais

TIPO DE USO	RETIRADA		CONSUMO		RETORNO	
	m ³ /s	% do total	m ³ /s	% do total	m ³ /s	% do total
Urbano	420	26	88	11	332	44
Industrial	281	18	55	7	226	30
Rural	40	3	18	2	22	3
Animal	112	7	89	11	23	3
Irrigação	739	46	591	69	148	20

Fonte: ANA, 2005a

A irrigação é responsável pela maior captação de água, com a vazão de retirada no país estimada em 739 m³/s (46% do total). É o maior consumo de água, correspondendo a 591 m³/s (69% do total).

A retirada para uso urbano fica em torno de 420 m³/s (26% do total). O consumo urbano efetivo é relativamente baixo, próximo de 88 m³/s (11% do total). Entretanto, o

uso urbano destaca-se pela vazão de retorno, que é aproximadamente de 332 m³/s (44% do total).

Esse retorno constitui-se de efluentes sanitários, que requerem tratamento antes de serem lançados nos corpos receptores.

As vazões de retirada, retorno e consumo estão distribuídas nas 12 regiões hidrográficas, como mostra a Tabela 10.7.

TABELA 10.7
Vazões de retirada, consumo, retorno e percentuais

REGIÃO HIDROGRÁFICA	RETIRADA		CONSUMO		RETORNO
	m ³ /s	% do total	m ³ /s	% do total	m ³ /s
Amazônica	47	3	27	3	20
Tocantins-Araguaia	55	3	33	4	22
Atlântico Nordeste Ocidental	15	1	6	1	9
Parnaíba	19	1	11	1	8
Atlântico Nordeste Oriental	170	11	100	12	70
São Francisco	166	10	105	13	61
Atlântico Leste	68	4	33	4	35
Atlântico Sudeste	168	11	61	7	107
Atlântico Sul	240	15	155	18	85
Uruguai	146	9	109	13	37
Paraná	479	30	189	23	290
Paraguai	19	1	12	1	7
Brasil	1.592	100	841	100	751

Fonte: ANA, 2005a

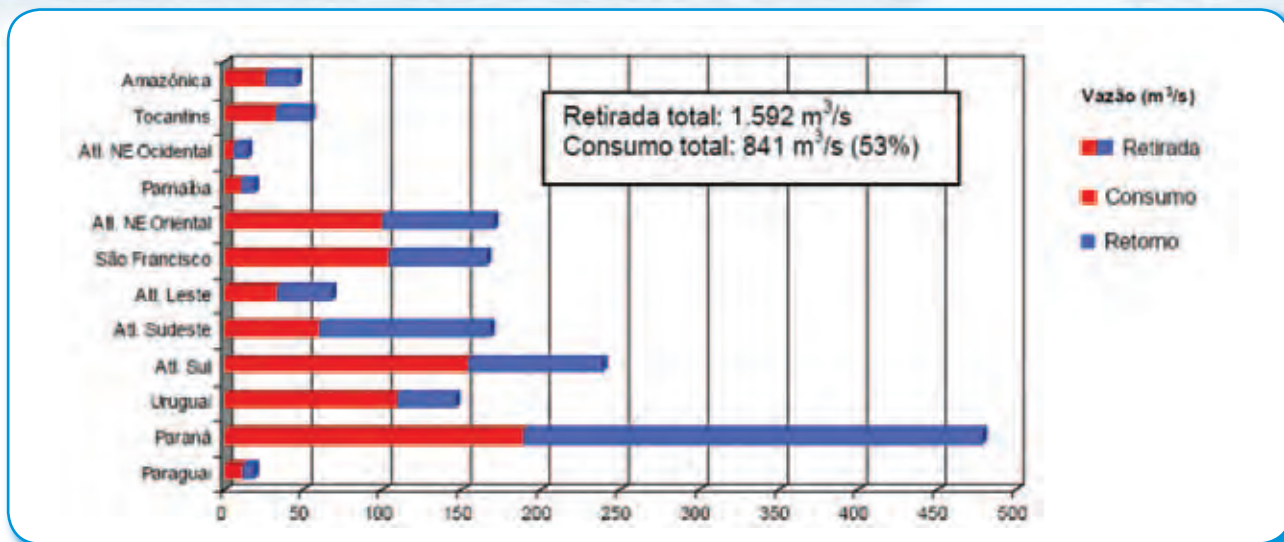


GRÁFICO 10.3 – Vazões de retirada, consumo e retorno de água nas regiões hidrográficas
 Fonte: ANA, 2005a

As informações da Tabela 10.7 também podem ser visualizadas no Gráfico 10.3, que mostra as vazões de retirada, consumo e retorno em cada região hidrográfica. Verifica-se que as Regiões Hidrográficas do Paraná e do Atlântico Sul são aquelas que retiram e consomem mais água e que as Regiões Hidrográficas Nordeste Ocidental, Parnaíba e Paraguai são aquelas que retiram e consomem menos água.

O Gráfico 10.4 apresenta a retirada de água para os diferentes usos. Vale destacar que a irrigação é atividade responsável pelas maiores vazões de retirada em seis das regiões hidrográficas — Tocantins–Araguaia, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, Atlântico Sul e Uruguai. Nas demais, Amazônica, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste e Paraná, predomina o uso urbano; e no Paraguai, o uso animal.

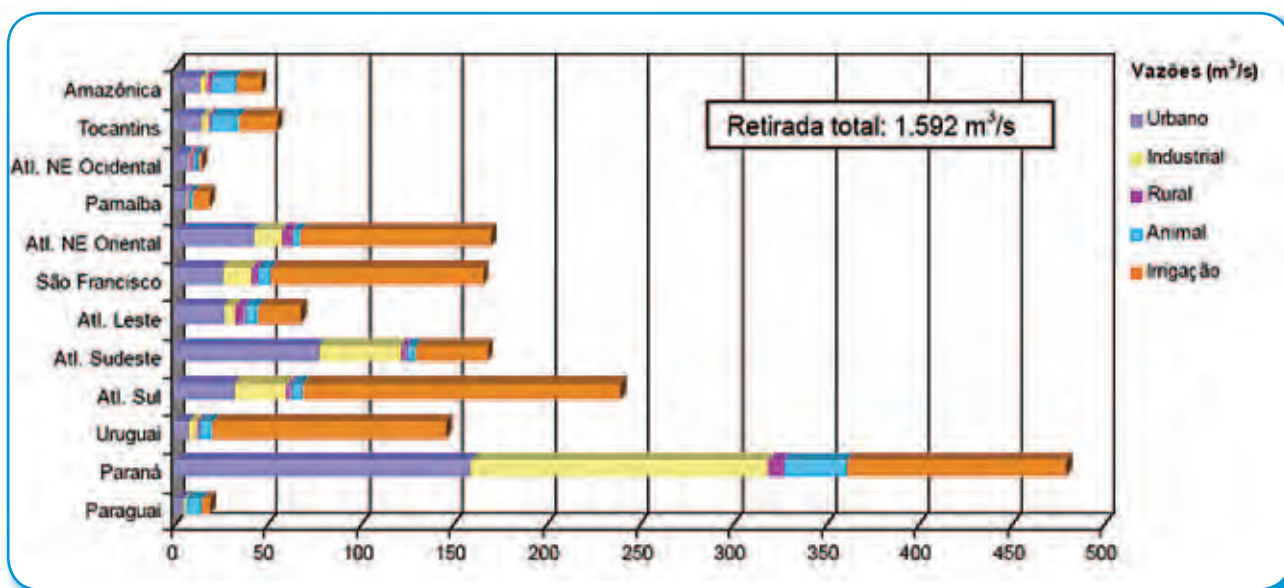


GRÁFICO 10.4 – Vazões de retirada para os diferentes usos nas regiões hidrográficas
 Fonte: ANA, 2005a

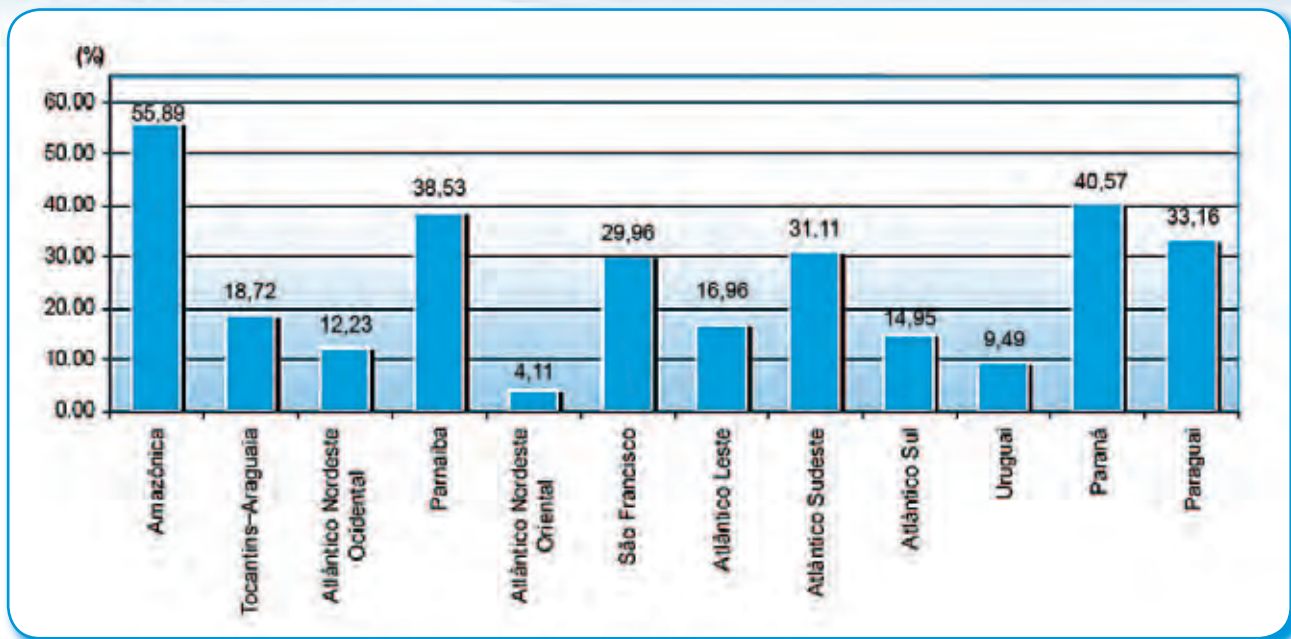


GRÁFICO 10.5 – Vazões de consumo para os diferentes usos nas regiões hidrográficas
 Fonte: ANA, 2005a

O Gráfico 10.5 traz as informações para vazões de consumo, observando-se também um amplo predomínio da irrigação em relação às outras demandas. As exceções são as Regiões Hidrográficas do Atlântico Nordeste Ocidental e do Paraguai, nas quais predomina o consumo animal.

10.8 BALANÇO ENTRE AS DEMANDAS E AS DISPONIBILIDADES DE ÁGUA

O balanço entre demandas e disponibilidades é um dado fundamental para a elaboração de um plano de recursos hídricos, tanto que está explicitado na Lei nº 9.433/1997 como um dos requisitos do conteúdo mínimo do plano.

Em um instrumento de planejamento da abrangência do Plano Nacional de Recursos Hídricos, em que devem ser traçadas as macroestratégias para o gerenciamento da água no âmbito nacional, o foco visa apenas a macrobacias para avaliar de que maneira e com que competências as unidades da Federação envolvidas estão lidando ou se preparando para lidar com a situação atual e futura. Cabem aos Planos Estaduais de recursos hídricos e aos planos de bacias detalhar o balanço entre demandas e disponibilidades e propor pontualmente medidas preventivas ou corretivas.

Os estudos elaborados pela ANA (2005a) avaliaram a relação demanda/ disponibilidade de água nas 12 regiões hidrográficas brasileiras. Os resultados mostram que o Brasil é rico em termos de disponibilidade hídrica, mas apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões. As bacias localizadas em áreas que apresentam uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos passam por situações de escassez e estresse hídrico.

Uma das avaliações realizadas pela ANA para verificar a disponibilidade de água no Brasil se baseou na razão entre a vazão média e a população ($m^3/hab./ano$), que é utilizada pela ONU para expressar a disponibilidade de recursos hídricos em grandes áreas. Esse índice compreende a vazão média por habitante por ano e é expresso em três classes:

- $< 500 m^3/hab./ano$ – situação de escassez.
- $500 a 1.700 m^3/hab./ano$ – situação de estresse; e
- $> 1.700 m^3/hab./ano$ – situação confortável.

De acordo com esse índice, o país apresenta uma situação muito confortável ($33.376 m^3/hab./ano$), e apenas a Região do Atlântico Nordeste Oriental com $1.145 m^3/hab./ano$, encontra-se em situação desfavorável de estresse hídrico.

A Tabela 10.8 ilustra a situação atual das 12 regiões hidrográficas brasileiras, com base no referido índice.

A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental apresenta uma disponibilidade em torno de 1.145m³/hab./dia, que corresponde a menos da metade do volume de água considerado pela ONU (2.500m³/hab./dia) como suficiente para a vida em comunidade nos ecossistemas aquáticos e para o exercício das atividades humanas, sociais e econô-

micas. A Tabela 10.6 permite ainda verificar situações distintas em termos da disponibilidade de água por habitante para as 12 regiões hidrográficas brasileiras:

- Há regiões com vazão média muito elevada e contingente populacional pequeno, tal como a Amazônica, o que denota uma situação de ampla disponibilidade de água ante as demandas atuais.

TABELA 10.8
Vazão média de água por habitante no Brasil

REGIÃO HIDROGRÁFICA	POPULAÇÃO (10 ⁶ hab.)	VAZÃO MÉDIA	
		(m ³ /s)	(m ³ /hab./ano)
Amazônica	8	131.947	533.096
Tocantins-Araguaia	7	13.624	59.858
Atlântico Nordeste Ocidental	5	2.683	15.958
Parnaíba	4	763	6.456
Atlântico Nordeste Oriental	21	779	1.145
São Francisco	13	2.850	7.025
Atlântico Leste	14	1.492	3.362
Atlântico Sudeste	25	3.179	3.972
Atlântico Sul	12	4.174	11.316
Uruguai	4	4.121	33.893
Paraná	55	11.453	6.607
Paraguai	2	2.368	39.559
Brasil	170	179.433	33.376

Fonte: ANA, 2005a

- Há regiões com vazão média elevada e contingente populacional também muito grande, tal como a do Paraná, podendo existir restrições pontuais para atendimento satisfatório das elevadas demandas, mesmo diante da grande oferta de água.
- Há regiões com vazão média muito baixa e contingente populacional grande, tal como a do Atlântico Nordeste Oriental, com condições desfavoráveis para o atendimento satisfatório das demandas.

- Há regiões com vazão média muito baixa e contingente populacional muito pequeno, tal como a do Parnaíba, com condições favoráveis para o atendimento satisfatório das demandas, pois a pequena disponibilidade de água não chega a ser pressionada pela demanda atual.

Dessa forma, pode-se afirmar que as dificuldades para atendimento das demandas podem decorrer tanto da

baixa oferta natural de água quanto do elevado consumo, próprio dos grandes contingentes populacionais, como na Região Metropolitana de São Paulo, uma das dezesseis mega-cidades do mundo. No caso do Atlântico Nordeste Oriental, verifica-se que coexistem esses dois fatores e a condição de estresse hídrico é, portanto, justificada.

A relação espacial entre a vazão de retirada para os usos consuntivos e a vazão média é apresentada a seguir. Esse índice, adotado pela European Environmen-

tal Agency e Organização das Nações Unidas, define o quociente entre a retirada total anual e a vazão média de longo período, que é classificado em cinco intervalos percentuais. Cada intervalo corresponde a uma classe de disponibilidade hídrica para atendimento das demandas, variando de excelente a muito crítica, conforme demonstra a Tabela 10.9.

O confronto entre as disponibilidades e demandas de água no Brasil mostra que o país é privilegiado em matéria de

TABELA 10.9
Classificação dos corpos de água com relação à vazão de retirada e à vazão média

CLASSE	RETIRADA/Q MÉDIA (M ³ /ANO)
Excelente	< 5%
Confortável	5% a 10%
Preocupante	10% a 20%
Crítica	20% a 40%
Muito crítica	> 40%

Fonte: ANA, 2005a

água, com a disponibilidade superando amplamente as demandas, ou seja, as retiradas de água correspondem à cerca de 1% da vazão média.

A Figura 10.6 apresenta a distribuição espacial dessas classes pelas regiões hidrográficas brasileiras, considerando a vazão de retirada e a vazão média acumulada, permitindo verificar que:

- Grande extensão territorial do Brasil encontra-se em condição excelente para atendimento das demandas diante da oferta de água possibilitada pela vazão média dos rios.
- Há Sub-regiões do Atlântico Leste, Sudeste, Sul e Uruguai, que se encontram em condição confortável, mas pode ocorrer problemas localizados de

abastecimento diante da oferta de água possibilitada pela vazão média.

- Há Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental, Leste e Sudeste, que se encontram em condição preocupante, com ocorrência de problemas de abastecimento diante da oferta de água possibilitada pela vazão média.
- Há Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental, do Leste e do Paraná que se encontram em condição crítica, com ocorrência de problemas críticos de abastecimento diante da oferta de água possibilitada pela vazão média.
- Há Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental que se encontram em condição muito crítica, com ocorrência de graves problemas de abastecimento diante da oferta de água possibilitada pela vazão média.

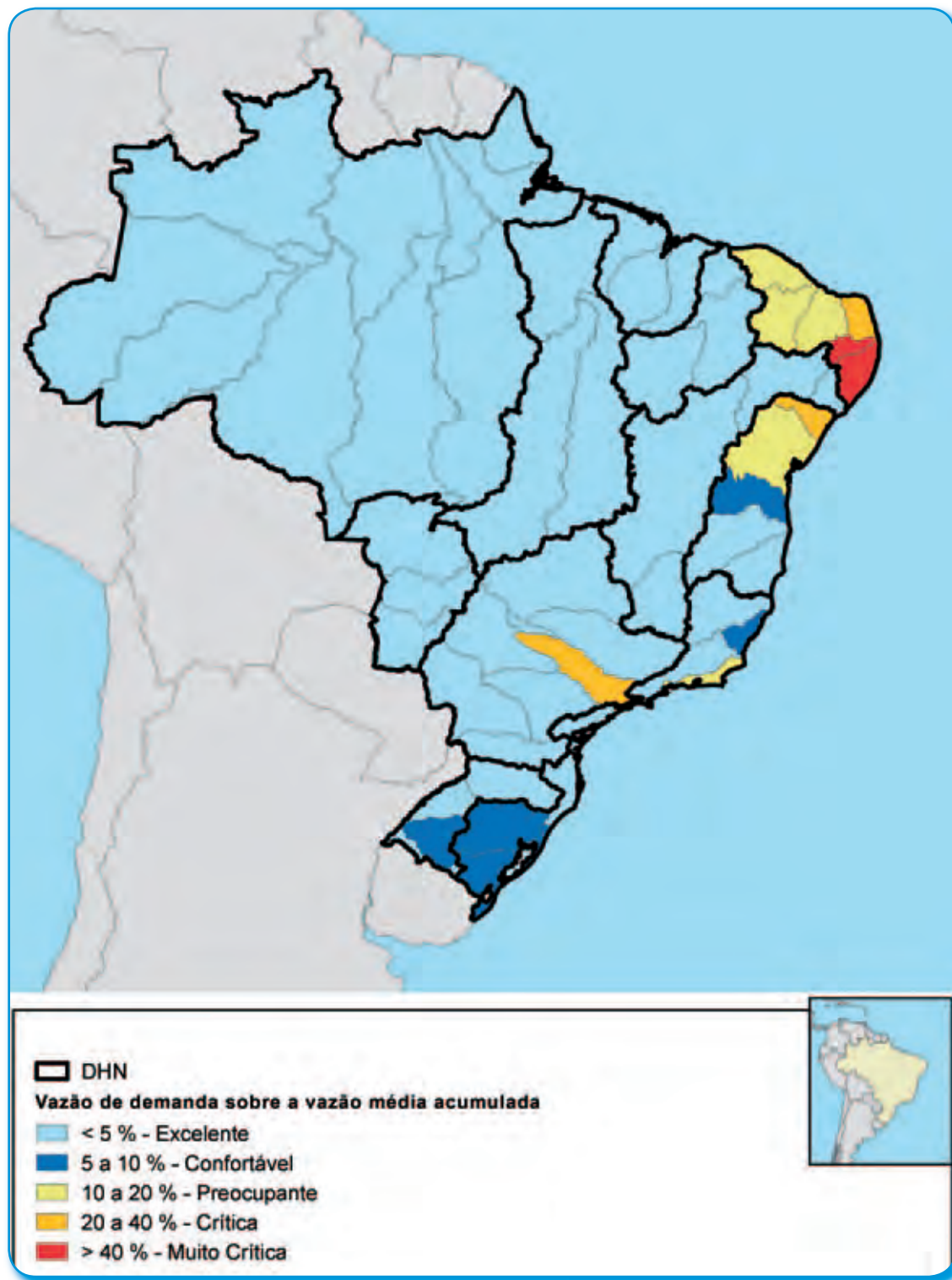


FIGURA 10.6 – Distribuição espacial da relação entre a vazão de retirada e a vazão média acumulada nas regiões hidrográficas brasileiras
 Fonte: SIPNRH (SRH,MMA), Dados da ANA, 2005

No entanto, esses indicadores não refletem a real oferta hídrica, ou seja, a efetiva quantidade de água disponível para uso ao longo de todo o ano, tendo em vista ser um dado médio de vazão. A variação das vazões médias e de estiagem nas regiões hidrográficas

brasileiras pode ser vista no Gráfico 10.6, que contém a proporção da vazão de estiagem (95% de permanência) em relação à vazão média. Como se pode observar, o regime fluvial dos rios brasileiros apresenta grandes flutuações.

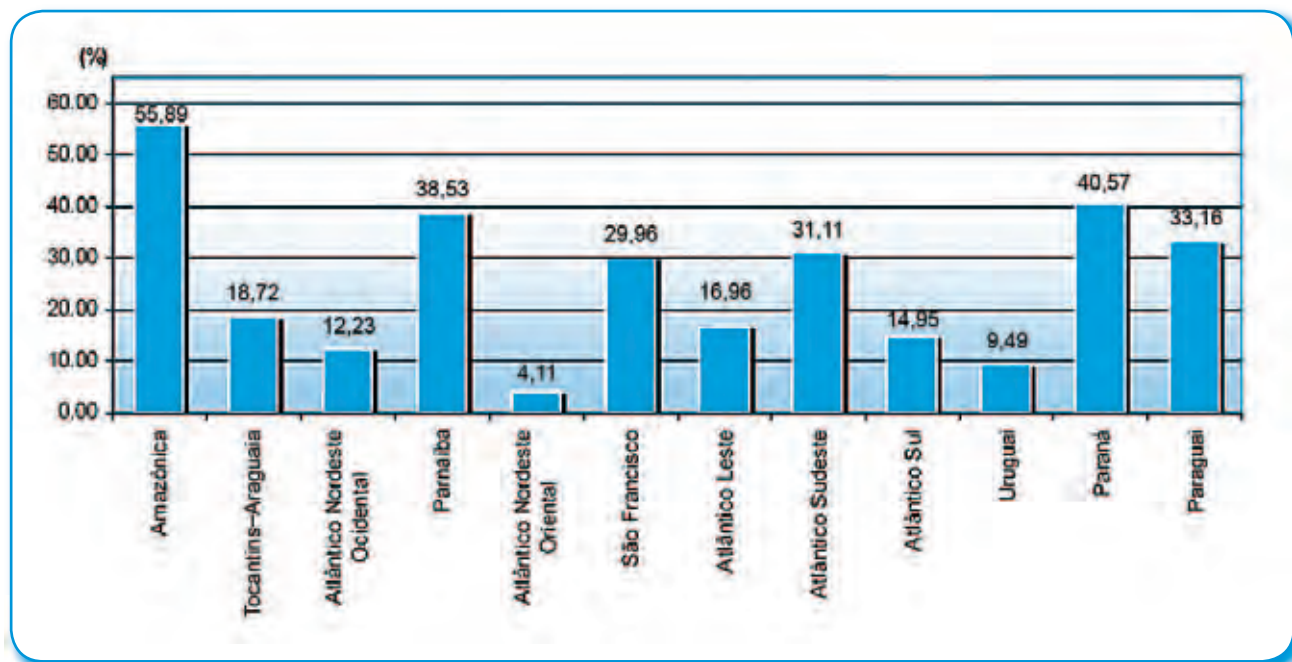


GRÁFICO 10.6 – Variação das vazões nas regiões hidrográficas brasileiras
Fonte: SRH/MMA, 2005

As Regiões Hidrográficas Amazônica, Parnaíba, São Francisco, Atlântico Sudeste, Paraná e Paraguai são as que apresentam uma amplitude menor das vazões, com a vazão de estiagem variando de 30% a 56% em relação à vazão média. Essa é, em geral, a condição das bacias hidrográficas localizadas em terrenos constituídos por formações sedimentares, que possuem maior área de drenagem e recarga, regime pluviométrico mais regular ou ainda maior grau de regularização natural ou por reservatórios.

Já as regiões Tocantins-Araguaia, Uruguai, Atlântico Nordeste Ocidental, Nordeste Oriental, Leste e Sul apresentam uma maior variação entre as vazões médias e a de estiagem, sendo a vazão de estiagem menor que 20% da vazão média. A maior variação entre a vazão média e a de estiagem é a do Atlântico Nordeste Oriental, que chega a representar 4,11% da vazão média. Esse é o caso típico de

bacias localizadas em terrenos cristalinos, com regime de chuva irregular (ANA, 2005a).

Diante dessas flutuações de vazão, a ANA também avaliou as condições de disponibilidade hídrica nos períodos de estiagem. Esse cálculo considera a vazão regularizada pelo sistema de reservatórios a montante da seção de interesse, com 100% de garantia, somada à vazão incremental de estiagem (vazão com permanência de 95% no trecho não regularizado). Em rios sem regularização, portanto, a disponibilidade foi considerada como apenas a vazão de estiagem, com permanência de 95%. De modo semelhante à vazão média, os quocientes foram classificados nos intervalos de classe já mencionados.

A utilização da vazão de estiagem (disponibilidade hídrica), apesar de ser uma visão mais conservadora em relação à vazão média considerada para o cálculo do

índice adotado pela European Environmental Agency e pela Organização das Nações Unidas, tem sido utilizado pela ANA (2005a) com a finalidade de identificar as áreas com maior prioridade para implementação da gestão de recursos hídricos.

Mesmo considerando as vazões de estiagem, pode-se diagnosticar que o país continua sendo privilegiado em

matéria de água, com a vazão de retirada correspondendo aproximadamente a 3,4% da disponibilidade hídrica (vazão disponível na estiagem). Quando os resultados são confrontados por região hidrográfica, mostram a Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental em situação muito crítica e outras com situações de preocupantes a críticas, conforme mostra a Tabela 10.10.

TABELA 10.10
Disponibilidades e demandas hídricas por regiões brasileiras

DIVISÃO HIDROGRÁFICA NACIONAL	Q95+Qreg (m ³ /s)	DEMANDA (m ³ /s)	RELAÇÃO DEMANDA/ DISPONIBILIDADE ¹	CLASSE ²
Amazônica	73.748	47	0,06%	Excelente
Atlântico Leste	305	68	22,30%	Crítica
Atlântico Nordeste Ocidental	328	15	4,57%	Excelente
Atlântico Nordeste Oriental	91	170	186,81%	Muito crítica
Atlântico Sudeste	1.108	168	15,16%	Preocupante
Atlântico Sul	671	240	35,77%	Crítica
Paraguai	785	19	2,42%	Excelente
Paraná	5.792	479	8,27%	Confortável
Parnaíba	379	19	5,01%	Confortável
São Francisco	1.886	166	8,80%	Confortável
Tocantins–Araguaia	5.362	55	1,03%	Excelente
Uruguai	565	146	25,84%	Crítica

Nota: (1) A razão entre a vazão de retirada para os usos consuntivos e a disponibilidade hídrica. A disponibilidade hídrica em rios sem regularização corresponde à vazão sem permanência de 95% e, em rios com regularização, à vazão regularizada somada ao incremento de vazão com permanência de 95%. (2) Critério de severidade adotado pela European Environmental Agency para vazões médias, em função do percentual entre demanda e disponibilidade – até 5%, excelente; entre 5% e 10%, confortável; de 10% a 20%, preocupante; de 20% a 40%, crítica; acima de 40%, muito crítica.

Fonte: ANA, 2005a. Adaptado por SRH/MMA, 2005

Quando se detalha a análise de disponibilidade e demanda hídrica feita para as regiões hidrográficas mostradas na Tabela 10.10, reportada para base hidrográfica principal, conforme apresentado na Figura 10.7, observa-se que as classificações dos trechos de rios variam e não são necessariamente coincidentes com a classificação da região em que estão inseridos. Essa metodologia tem sido adotada

pela ANA (2005a) para identificar os locais de prováveis conflitos pelo uso da água e, conseqüentemente, para definir as prioridades para implementação do sistema de gestão de recursos hídricos.

Nessa figura, a porção centro-norte do país continua apresentando uma excelente e/ou confortável disponibilidade hídrica ante as demandas, havendo poucos trechos de cur-



dos d'água em situação confortável ou crítica nas regiões do Tocantins–Araguaia, no Atlântico Nordeste Ocidental, no Parnaíba e no Paraguai. Nas demais regiões hidrográficas, destacam-se cursos d'água em situação confortável, crítica e muito crítica, havendo predominância de:

- rios em situação crítica e muito crítica em toda a Região do Atlântico Nordeste Oriental;
- rios em situação crítica e muito crítica na margem direita do Alto e do Médio São Francisco, bem como na margem esquerda no Submédio e no Baixo São Francisco;
- rios em situação crítica e muito crítica nas Sub-regiões do centro e do norte do Atlântico Leste;
- rios em situação crítica e muito crítica na porção sudeste e norte da Região Hidrográfica do Paraná;

- rios em situação crítica e muito crítica na porção meridional da Região Hidrográfica do Uruguai;
- rios em situação crítica e muito crítica na porção meridional da Região Hidrográfica do Atlântico Sul.

Vale ressaltar ainda que, possivelmente, se a escala de análise fosse aumentada, ou os valores de disponibilidades e de demandas fossem desagregados para regiões espacialmente menores, seriam verificados também outros rios com problemas de balanço. É possível que mesmo na Região Hidrográfica Amazônica, em especial próximo a alguns centros urbanos mais afastados de seus grandes rios, fossem encontrados balanços dignos de atenção em termos de planejamento e gestão de recursos hídricos.



FIGURA 10.7 – Relação entre demandas e disponibilidades hídricas nos principais rios brasileiros
Fonte: ANA, 2005a



Foto: Soraia Ursine



**11 EXPERIÊNCIAS EM
ALGUMAS SITUAÇÕES
ESPECIAIS DE PLANEJAMENTO**

11 EXPERIÊNCIAS EM ALGUMAS SITUAÇÕES ESPECIAIS DE PLANEJAMENTO

A bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Contudo, em algumas ocasiões, há de se adotar um outro recorte para o planejamento e para a gestão dos recursos hídricos, haja vista a peculiaridade de determinadas ocorrências diferenciadas que, exatamente por isso, são denominadas de Situações Especiais de Planejamento (SEP), tais como biomas, interligação de bacias, áreas frágeis, eixos de desenvolvimento, tendo sido selecionadas as seguintes situações especiais já existentes:

- áreas sujeitas à desertificação;
- o Pantanal;
- a interligação de bacias do Sistema Cantareira;
- a interligação das bacias Paraíba do Sul–Guandu;
- a Lagoa Mirim.

Cumpra mencionar que existem outras situações especiais relevantes, como a Região Amazônica, as Zonas Costeiras, os aquíferos subterrâneos, com destaque para o Aquífero Guarani, e o Semi-árido brasileiro, que foram contempladas com Programas Regionais de Recursos Hídricos previstos no volume IV.

11.1 ÁREAS SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO

De acordo com a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, as Áreas Suscetíveis à Desertificação no Brasil abrangem extensas áreas nos nove Estados do

Nordeste: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, além do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo, onde a Sudene executou programas de emergência contra a seca, e em Municípios onde ocorre o Bioma Caatinga. No total, o número de Municípios abrangidos é de 1.482, ocupando uma área de 1.338.076 km², onde vivem 32 milhões de pessoas (MMA/SRH, 2004).

As ações públicas e privadas desenvolvidas nas áreas suscetíveis à desertificação no Brasil precisam estar em consonância com as características físico-climáticas da região, bem como com os aspectos socioculturais das populações que aprenderam a conviver com as dificuldades impostas pelas condições climáticas ambientais. O desafio de intervir nessas áreas consiste em integrar tais ações às dimensões sociais, econômicas e ambientais, tomando o desenvolvimento sustentável como meta.

• Estratégia de ação internacional

Durante a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável [World Summit on Sustainable Development (WSSD)], que se realizou em Johannesburgo, África do Sul, em 2002, os países participantes reafirmaram o compromisso de implementar as propostas da Convenção de Combate à Desertificação (UNCCD), por meio de planos de ação nacionais de combate à desertificação e de mitigação dos efeitos da seca, buscando concertar ações no sentido de: mobilização de recursos financeiros adequados; transferência de tecnologias e capacitação; sinergia entre as três Convenções do Rio; integração das medidas de prevenção e combate à desertificação, bem como mitigação dos efeitos da seca por intermédio de

programas e políticas relevantes; facilitação do acesso à informação local de forma economicamente viável para aperfeiçoar o monitoramento e alerta precoce relativo à desertificação e à seca; e melhorar a sustentabilidade dos ecossistemas secos por meio da execução de leis e do fortalecimento da gestão.

• **Estratégia de ação nacional**

Em agosto de 2004, o Brasil lançou o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca: (PAN-Brasil). O PAN-Brasil é um instrumento político que tem como objetivo geral estabelecer as diretrizes e os instrumentos legais e institucionais que permitam aperfeiçoar a formulação e a execução de políticas públicas e investimentos privados visando ao desenvolvimento sustentável das Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD) no Brasil. Sua estratégia de ação baseia-se em quatro componentes: combater a pobreza e as desigualdades; ampliar a capacidade produtiva de maneira sustentável; preservar, conservar e manejar de forma sustentável os recursos naturais; e gestão democrática e fortalecimento institucional.

Terminada a fase de elaboração do PAN-Brasil, a SRH/MMA estabeleceu alguns direcionamentos para a condução do processo de implementação do Programa, quais sejam: integração de ações com outros Ministérios; fortalecimento das parcerias; diretrizes; elaboração do mapa de vulnerabilidade à desertificação para as ASD; sistema de monitoramento e avaliação; prioridades e metas; recursos financeiros.

A definição de prioridades para a implementação de planos, programas e projetos segue a definição de Diretrizes Setoriais, que desdobram a estratégia traçada, e Espaciais, assim apresentadas: Atividades Prioritárias nas Áreas dos Núcleos de Desertificação já instalados; Atividades Prioritárias nas Áreas dos Núcleos ampliados; Atividades Prioritárias nas Áreas dos novos Núcleos.

11.2 PANTANAL

As informações aqui descritas foram retiradas da Síntese Executiva do Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai, realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelo Fundo para o Meio Ambiente Mundial (GEF), pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) e pela Organização dos Estados Americanos (OEA), aprovado em 1998. O referido programa foi elaborado no período de fevereiro a agosto de 2004, constituindo-se de ações estruturais e não estruturais na bacia.

O rio Paraguai nasce no território brasileiro e possui uma área de drenagem de 1.095.000 km². Sua bacia é compartilhada pelo Brasil, pela Argentina, pela Bolívia e pelo Paraguai. Seu rio principal, o Paraguai, percorre uma distância de 2.612 km até a confluência com o rio Paraná. As áreas de nascentes, conhecidas como Alto Paraguai, possuem uma área de 600.000 km², englobando os Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, incluindo-se aí o Pantanal, uma das maiores áreas úmidas do mundo, com 147.574 km², sendo um elo entre o Cerrado do Brasil e o Chaco da Bolívia e do Paraguai.

O Pantanal é considerado Patrimônio Nacional e abriga sítios importantes, segundo a Convenção de Áreas Úmidas (Ramsar). Além disso, contempla áreas da Reserva da Biosfera do Programa das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Tecnologia (Unesco) desde 2000, daí ser alvo de diversas ações, estudos e projetos, destacando-se o Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai (ANA, GEF, Pnuma e OEA), iniciado em 1996.

• **Problemática**

A bacia do Alto Paraguai, a partir da década de 1970, vem sofrendo expressivo desenvolvimento socioeconômico, especialmente na região de planalto, tendo como consequências, no entanto, resultados adversos das intervenções antrópicas, tais como: desmatamento, para substituição da

vegetação nativa por pastagens e plantação de soja; fogo/queimadas, seguindo prática tradicional para “limpeza” das pastagens; degradação dos solos, erosão e assoreamento dos cursos d’água; deposição de contaminantes ambientais, como mercúrio, oriundos da atividade de garimpo, agroquímicos e outros metais pesados; águas residuais e resíduos sólidos inerentes ao crescimento das cidades; e efluentes das atividades industriais sem o devido acompanhamento de programas de saneamento ambiental.

• Ações empreendidas/planejadas

Para o gerenciamento integrado do Pantanal e da bacia do Alto Paraguai, foram identificadas duas linhas de ações prioritárias (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004a): ações de natureza institucional e política, que se destinam a estabelecer uma sólida base técnica e gerencial para a execução dos trabalhos de tomada de decisões na gestão e na proteção dos recursos hídricos, com destaque na participação pública e na participação das instituições da bacia.

- ações de natureza institucional e política, que se destinam a estabelecer uma sólida base técnica e gerencial para a execução dos trabalhos de tomada de decisões na gestão e na proteção dos recursos hídricos, com destaque na participação pública e na participação das instituições da bacia;
- ações de natureza preventiva e corretiva, que visam à minimizar as principais ações antrópicas, tanto no que concerne à proteção da biodiversidade quanto no que tange à mitigação de problemas de degradação de solos, assegurando um desenvolvimento sustentável da bacia.

11.3 TRANSPOSIÇÃO DO SISTEMA CANTAREIRA

O Sistema Cantareira atende metade da população da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a maior do Brasil, que se compõe de 39 Municípios e ocupa uma área

de 1.524 km² na bacia do Alto Tietê, sendo formado pelos reservatórios Jaguari–Jacareí, Cachoeira e Atibainha, ambos na bacia do rio Piracicaba e Paiva Castro na sub-bacia do rio Juqueri, já na bacia do Alto Tietê.

Os reservatórios Jaguari–Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro interligam-se por túneis, sendo as águas aduzidas pela estação elevatória Santa Inês, do último reservatório da seqüência, até a estação de tratamento de água do Guarauá (ETA Guarauá), com capacidade nominal de 33 m³/s.

A autorização original de captação dos reservatórios do sistema, com prazo de trinta anos, foi concedida pelo governo federal com a expedição da Portaria MME nº 750, de 5 de agosto de 1974.

A renovação dessa autorização viria a ter, no entanto, um cenário absolutamente distinto daquele, tendo em vista as definições de dominialidade de águas da União e dos Estados estabelecidas pela Constituição Federal de 1988, nos paradigmas expressos na Lei nº 7.663/1991 de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo e na Lei nº 9.433/1997, Lei das Águas, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, além das contestações à própria transposição do Sistema Cantareira por parte dos usuários da bacia do rio Piracicaba (bacia doadora).

Identificam-se então os atores desse processo: ANA, responsável pela outorga dos recursos hídricos de domínio da União; Dae, responsável pela outorga dos recursos hídricos do Estado de São Paulo; Igam, responsável pela outorga dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais; Sabesp, operadora do Sistema Cantareira; CBHPCJ, representando os interesses das bacias envolvidas; e o CBH Alto Tietê, representando os interesses da bacia onde se localiza a RMSP.

A solução de consenso que emergiu foi, enfim, construída com a expedição da Resolução nº 429/2004 da ANA, que delegou a outorga aos Estados nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá em seus territórios, ficando a emissão da outorga do Sistema Cantareira a cargo do Dae.

Concomitantemente, a ANA e o Dae disciplinaram a operação dos reservatórios do sistema mediante a Resolução Conjunta ANA/Dae nº 428/2004, que estabelece a metodologia para determinação das vazões a serem retiradas do sistema e sua alocação entre a RMSP e a porção da bacia do rio Piracicaba a jusante dos reservatórios do mesmo sistema, introduzindo também o conceito de Banco de Águas, ou seja, uma reserva que cada um dos usuários pode fazer a partir da retiradas máximas permitidas.

Com base então nas Resoluções ANA/Dae nº 428/2004 e ANA nº 429/2004, o Dae concedeu à Sabesp, de acordo com Portaria Dae nº 1.213, de 6 de agosto de 2004, a outorga do Sistema Cantareira.

A sistemática adotada para a operação do Sistema tem tido resultados expressivos quanto à gestão dos recursos hídricos, com a recuperação os volumes dos reservatórios e também uma reserva significativa de água para cada um dos usuários, servindo de exemplo bem-sucedido de aplicação dos princípios da Lei das Águas.

11.4 OPERAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO DO RIO PARAÍBA DO SUL

A bacia do rio Paraíba do Sul tem destacada importância no cenário nacional, tanto por sua localização entre os maiores pólos industriais e populacionais do país quanto no gerenciamento de recursos hídricos, por ser a primeira bacia de rio federal na qual se instituíram todos os instrumentos de gestão.

Destaca-se também pela multiplicidade de usos da água encontrados na bacia e seus conflitos, e pelo peculiar desvio das águas para a bacia hidrográfica do rio Guandu, na qual se localiza a Estação de Tratamento de Águas (ETA) Guandu, que trata cerca de 45 m³/s de água para 8,5 milhões de pessoas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), sendo uma das maiores estações de tratamento de água do mundo.

As principais barragens da bacia foram construídas entre as décadas de 1950 e 1970, com a função principal de ge-

ração e regularização. Em 1952, entrou em operação a Estação Elevatória de Santa Cecília, que tem capacidade de desviar até 160 m³/s do rio Paraíba do Sul, o que equivale a aproximadamente 54% da vazão natural média do rio Paraíba do Sul no local.


Em resumo, pode-se dizer que os quatro reservatórios de regularização do trecho paulista – Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca, Jaguari e Funil – trabalham para garantir a afluência adequada a Santa Cecília, onde é feita a divisão entre a vazão bombeada para a bacia do rio Guandu e a vazão que segue a jusante.

Essa interligação da bacia do Paraíba com a do rio Guandu e com a RMRJ une as bacias de forma irreversível, sendo praticamente impossível analisar qualquer uma delas de modo isolado.

O ponto mais crítico em termos de escassez e conflitos pelo uso dos recursos hídricos do sistema é justamente na EE Santa Cecília, onde é feita a divisão entre as águas que são bombeadas e as que seguirão a jusante da bacia. De um lado está o abastecimento da RMRJ, além de indústrias e outros usuários; do outro estão diversas cidades e usuários que se ressentem de ser significativamente privados do uso dos recursos hídricos da sua própria bacia, com destaque para o trecho situado imediatamente a jusante da estação, sujeito, em situações de afluências críticas, a vazões baixas e conseqüente deterioração da qualidade de suas águas. Adicionalmente, fica a operação de todos os usuários a montante da bacia condicionada ao atendimento da vazão objetivo de Santa Cecília. Esse ponto crítico é o que determina a maioria das regras de operação do sistema.

O sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul já foi alvo de diversas regulamentações de suas regras de operação desde a década de 1970: o Decreto nº 68.324/1971, que aprovou o plano de regularização do rio Paraíba do Sul; a Portaria Dnae nº 22/1977, que estipulou uma série de regras para o sistema; e o Decreto nº 81.436/1978, que permitiu que a vazão mínima a jusante de Santa Cecília fosse de 71 m³/s, quando da ocorrência de situações hidrológicas críticas.

Depois da criação da ANA, diversas resoluções foram editadas sobre o tema, principalmente em razão da crise que



teve seu ápice em 2003 e 2004. Hoje, as regras de operação em vigor no sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul são aquelas estipuladas pela Resolução ANA nº 211/2003.

A definição das condições de operação, apesar de ser atribuição compartilhada entre a ANA e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), tem sido efetuada de forma articulada com os comitês de bacia, os usuários de recursos hídricos, o poder público em todas as suas esferas e os órgãos da sociedade civil, em sintonia com os fundamentos de gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos.

11.5 BACIA DA LAGOA MIRIM

A bacia hidrográfica da Lagoa Mirim possui cerca de 62.250 km², dos quais 29.250 km² (47%) em território brasileiro e 33.000 km² (53%) em território uruguaio, constituindo uma bacia transfronteiriça, prevalecendo, portanto, o regime de águas compartilhadas (Tratado de Limites, de 1909, e Tratado de Cooperação para o Aproveitamento dos Recursos Naturais e o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, de 1977).

A Lagoa Mirim, como corpo de água principal da bacia, possui uma área aproximada de 3.749 km², uma extensão de 185 km e uma largura média de 20 km, ligada à Lagoa dos Patos por meio do Canal São Gonçalo, o qual, por sua vez, apresenta uma extensão de 76 km. A Lagoa Mirim conta ainda com uma barragem de alça eclusada, projetada por Otto Pfafstertter e construída pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) na segunda metade da década de 1970 para evitar sua salinização. Está integrada pelo São Miguel e por outros arroios de menor expressão; na divisa entre o Brasil e o Uruguai, está a bacia do rio Jaguarão, com 8.188 km².

No lado leste da bacia, na parte brasileira, encontra-se a Estação Ecológica do Taim, conhecido ponto de pouso, descanso e nidificação de aves migratórias, que com uma diversificada fauna e flora constitui uma das unidades de conservação federal declaradas pela Unesco como Reserva da Biosfera.

O Tratado da Lagoa Mirim, antes referido, traduz por meio de seus propósitos as principais premissas que constituem o moderno conceito sustentável – desenvolvimento econômico, equidade social e sustentabilidade ambiental devem caminhar lado a lado de forma equilibrada, vindo a ser um marco referencial não apenas para o desenvolvimento da região, mas também como um fundamento institucional para a construção de um projeto piloto de gestão de recursos hídricos e ambientais transfronteiriços entre o Brasil e o Uruguai.

A Comissão Mista Brasileiro-Uruguiaia para o Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim (CLM) é o organismo binacional responsável pela execução do Tratado da Lagoa Mirim, cumprindo essa missão, no Brasil, por meio da sua Seção Brasileira (SB/CLM) e, no Uruguai, por intermédio da Delegação Uruguiaia (DU/CLM).

Apesar de suas potencialidades (porto de Rio Grande, carvão de Candiota, grande disponibilidade de águas superficiais e terras agricultáveis, clima temperado e muitas outras), a parte brasileira da bacia da Lagoa Mirim apresenta uma economia pouco diversificada (também grande dependência do binômio arroz–carne) e baixo índice de desenvolvimento social, embora, paradoxalmente, disponha de quatro universidades e dois centros nacionais de pesquisa agropecuária, entre outros fatores que, usualmente, se mostrariam capazes de induzir a uma situação bem diversa.

Atualmente, com o propósito de aumentar a eficiência econômica do uso do solo agrícola, existem estudos no sentido de se buscar tecnologia adequada às características da região para a prática da rotação de outras culturas com a do arroz irrigado. Além disso, com o propósito de alcançar maior desenvolvimento regional (Subprograma de Dinamização das Pequenas e Médias Propriedades Rurais da Área da Bacia da Lagoa Mirim e Projeto de Irrigação, Drenagem e Sistematização), está sendo dada ênfase aos estudos e aos incentivos que buscam desenvolver as atividades de piscicultura e turismo ecológico, bem como ampliar, numa visão sistêmica, as atividades relacionadas à fruticultura irrigada, à suinocultura, à avicultura e à pecuária leiteira.



Foto: WWF-Brasil/Sérgio Ribeiro





Foto: Companhia Energética de Minas Gerais

12 DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS DO BRASIL



12 DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS DO BRASIL

12.1 AS OPORTUNIDADES E OS DESAFIOS DOS PRINCIPAIS SETORES USUÁRIOS DE ÁGUA

Uma breve análise das oportunidades e dos desafios dos usuários setoriais é apresentada no sentido de contextualizar as potenciais contribuições de cada setor econômico usuário de água ao desenvolvimento sustentável do país, bem como os desafios existentes sob as respectivas óticas setoriais. Ao setor saneamento ambiental é fornecido um panorama mais detalhado, haja vista a prioridade ao abastecimento humano, em situações de escassez hídrica, estabelecida pela Lei nº 9.433/1997.

12.1.1 Saneamento

a) Abastecimento de água

A rede de distribuição de água atinge, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (IBGE, 2002), 63,9% do número total de domicílios. Tais serviços caracterizam-se por um desequilíbrio regional, visto que, enquanto na região Sudeste é de 70,5% a proporção de domicílios atendidos, nas regiões Norte e Nordeste o serviço alcança, respectivamente, apenas 44,3% e 52,9% dos domicílios.

A Figura 12.1 permite visualizar a distribuição espacial dos índices de atendimento por Município brasileiro, destacando-se a Região Hidrográfica do Paraná com o maior número de Municípios, com índice de atendimento maior que 90%. Nota-se ainda o desempenho menos satisfatório nas Regiões Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental e Parnaíba, onde predominam os Municípios com índices de cobertura menor que 25%.

Há dificuldade de avançar mais na universalização da cobertura urbana, já que a população ainda desprovida dos serviços se localiza predominantemente nas áreas periféricas e de urbanização informal, o que determina a adoção de programas específicos e integrados aos de desenvolvimento urbano. Na área rural, a despeito do avanço nos índices de atendimento, a cobertura ainda é incipiente

(menor que 30%). Tais dados significam que se encontram ainda sem atendimento 12 milhões de brasileiros nas cidades e outros 22 milhões na área rural, adicionados ao crescimento vegetativo populacional.

No que diz respeito à fonte de água utilizada para o abastecimento, a PNSB informa que 49% dos distritos com sistemas têm captação em manancial superficial e em 62% existem captações por meio de poços. Contudo, ao se considerar a quantidade de água captada, o maior peso tende para as águas superficiais. Há uma tendência de maior aproveitamento de mananciais subterrâneos no abastecimento das comunidades de menor porte e nas áreas marginais dos aglomerados urbanos de maior porte. Isso se deve à relativa facilidade de obtenção de água no subsolo para atender a pequenas demandas e à possibilidade de captação nas imediações das áreas de consumo.

Importante informação revelada pela PNSB é quanto à existência de racionamento no serviço de abastecimento de água. Dezenove por cento dos 9.848 distritos brasileiros abastecidos apresentaram problemas de racionamento, sendo a seca/estiagem suas motivações principais, com destaque para as seguintes localidades:

- Distritos do Estado do Pará, na região Norte.
- Recife, João Pessoa, Maceió, distritos da Região Metropolitana de Fortaleza, além de distritos nos Estados da região Nordeste.

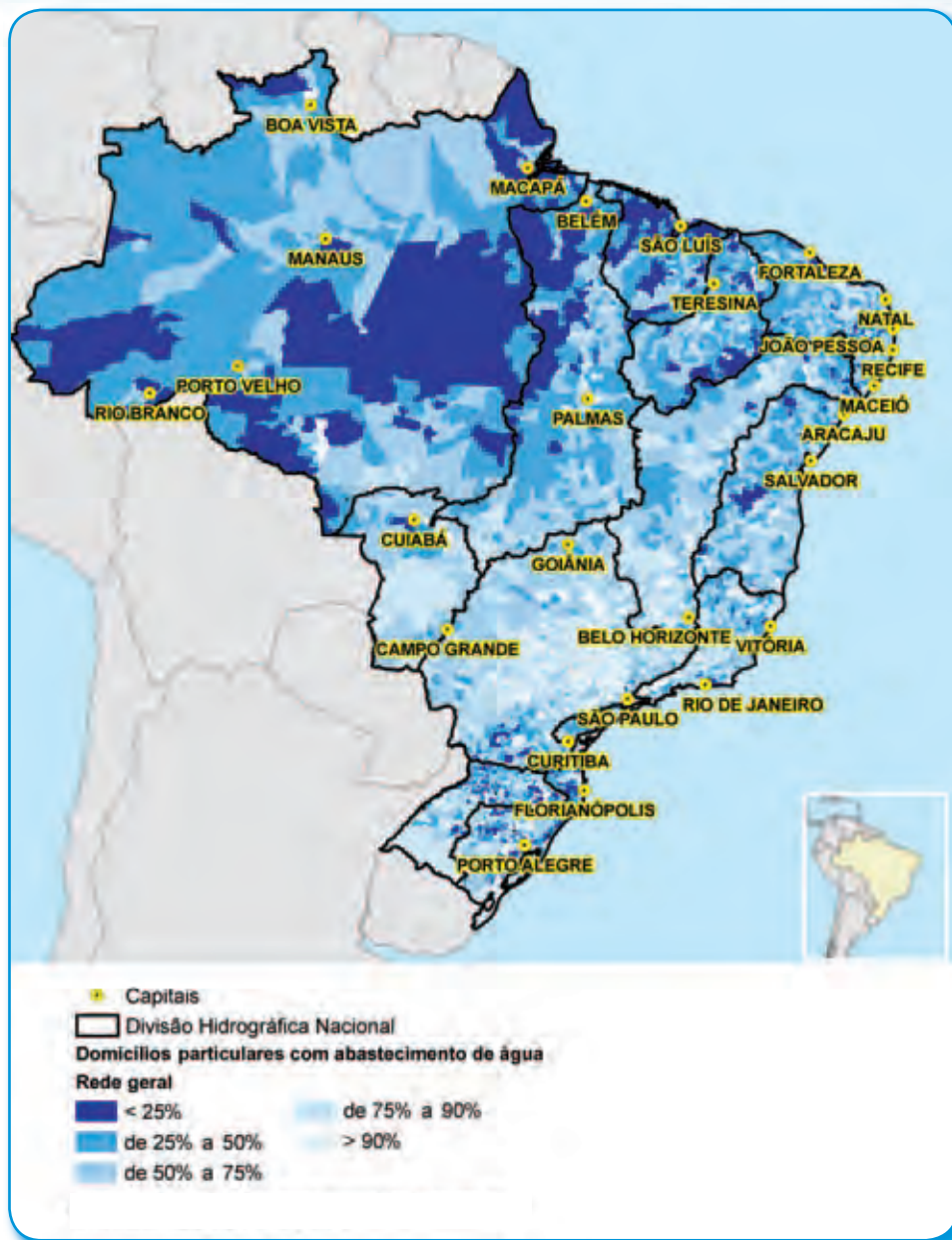



FIGURA 12.1 – Municípios abastecidos por rede geral de água
Nota: Dados da pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 (IBGE, 2002)
Fonte: MMA/SRH/BID, 2005c

- São Paulo (capital), distritos da Região Metropolitana de São Paulo e de Campinas, distritos do Estado de São Paulo, distritos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte, na região Sudeste.
- Distritos da Região Metropolitana de Porto Alegre e distritos do Estado do Rio Grande do Sul, distritos da Região Metropolitana de Curitiba e distritos do Estado do Paraná, distritos de Santa Catarina, na região Sul.
- Campo Grande, Cuiabá e distritos do Estado de Mato Grosso, distritos da Região Metropolitana de Goiânia e distritos do Estado de Goiás, e Brasília, na região Centro-Oeste.



As captações projetadas e construídas para a tomada de água de superfície destinada ao sistema de abastecimento, mesmo que cercadas dos cuidados com a qualidade do manancial, estão sujeitas à existência de fatores, localizados a montante dos pontos de captação, que levam ao comprometimento da qualidade das águas captadas, tais como: lançamento de esgoto sanitário, despejos de resíduos industriais, vazadouro de lixo, atividade mineradora e presença de resíduos agrotóxicos.

Os dados fornecidos pela PNSB revelam que a maior parte do volume de água (92,8%) para abastecimento da população recebe algum tipo de tratamento. A evolução desse serviço é também uma constatação para todas as regiões, com exceção da região Norte.

Os Municípios que apresentam elevado índice de domicílios abastecidos por fontes alternativas à rede geral de água se localizam principalmente nas Regiões Hidrográficas Amazônica, Tocantins–Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental e Parnaíba.

Quanto às perdas de água nas redes de distribuição de abastecimento, que podem atingir até 40% do volume de água produzido, a PNSB detectou o desenvolvimento de programas de controle, com ênfase para as redes distribuidoras e seus acessórios em 63% dos distritos abastecidos. Os tipos de controle de perdas envolvem fiscalização de ligações clandestinas, substituição de redes velhas, manutenção de hidrômetros, pesquisa de vazamentos, pitometria e outros procedimentos.

b) Cobertura dos serviços de esgotamento sanitário

Segundo a PNSB (IBGE, 2002), dentre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que tem menor presença nos Municípios brasileiros. Dos 4.425 Municípios existentes no Brasil, em 1989, menos da metade (47,3%) tinha algum tipo de serviço de esgotamento sanitário; 11 anos mais tarde, os avanços não foram muito significativos: dos 5.507 Municípios, 52,2% eram atendidos. Apesar de no período de 1989-2000 ter havido um aumento de aproximadamente 24% no número de Municípios, o serviço de esgotamento sanitário não acompanhou esse crescimento, pois aumentou apenas 10%.

A Figura 12.2 apresenta a distribuição espacial dos índices de cobertura da rede de esgotamento sanitário. Ela permite verificar que os Municípios com maior cobertura de rede se concentram nas Regiões Hidrográficas do Paraná e do Atlântico Sudeste, reforçando a tendência à concentração dos melhores índices de atendimento nas regiões mais desenvolvidas do país.

Em relação à coleta e ao tratamento de esgotos sanitários, os Municípios brasileiros dividem-se entre 20,2% que coletam e tratam o esgoto coletado, 32% que só coletam e 47,8% que não coletam nem tratam os esgotos. Nesses últimos dois casos, o esgoto é despejado in natura nos corpos de água ou no solo, comprometendo principalmente a qualidade da água utilizada para o abastecimento, a irrigação e a recreação. No período de 1989-2000, os esforços das entidades voltaram-se para a ampliação do tratamento do esgoto coletado, tendo havido um aumento de 77,4% no tratamento do esgoto coletado pelas empresas, passando de 19,9% para 35,3%.

A coleta de esgotos por rede atende cerca de 51,6% dos domicílios brasileiros. Em outros 41,4% dos domicílios, os esgotos são destinados para fossa séptica ou rudimentar.

O restante (7%) é destinado para valas, corpos hídricos, etc. Uma vez que a cobertura do serviço de esgotamento sanitário é reduzida e o tratamento do esgoto coletado não é abrangente, o destino final do esgoto sanitário contribui ainda mais para um quadro precário do serviço.

Considerando-se os dados relativos aos distritos brasileiros, os que possuem coleta de esgoto sanitário se dividem entre 1/3 que trata o esgoto coletado (33,8%) e quase 2/3 que não dão nenhum tipo de tratamento ao esgoto produzido (66,2%). Nesses distritos, o esgoto é despejado in natura nos corpos de água ou no solo, comprometendo a qualidade da água utilizada para o abastecimento, a irrigação e a recreação. Do total de distritos que não tratam o esgoto sanitário coletado, a grande maioria (84,6%) despeja o esgoto nos rios, sendo os distritos das regiões Norte e Sudeste os que mais se utilizam desta prática (93,8% e 92,3%, respectivamente).



FIGURA 12.2 – Domicílios com esgotamento sanitário
 Nota: Dados do Censo 2000 – IBGE – (5.507 Municípios) – Base de Informações Municipais. Atlas de Saneamento – IBGE. Limite das Regiões Hidrográficas – Divisão Hidrográfica Nacional – Resolução CNRH n° 32, de 15 de novembro de 2003
 Fonte: MMA/SRH/BID, 2005c

c) Cobertura dos serviços de coleta de lixo

A Figura 12.3 apresenta a cobertura dos serviços de coleta de lixo nos Municípios brasileiros e demonstra que os melhores índices de atendimento se encontram nas regiões hidrográficas da porção meridional do país. Destacam-se as Regiões Hidrográficas do Paraná, do Uruguai, do Atlântico Sudeste e do Sul, que

apresentam índices de atendimento superiores a 90% dos domicílios com coleta de lixo. Os piores índices de atendimento concentram-se nas Regiões do Atlântico Nordeste Ocidental, do Parnaíba e na porção ocidental da Região Amazônica.

Em número de Municípios, o resultado também não é tão favorável: 63,6% utilizam lixões, 32,2%, aterros

adequados (13,8% sanitários e 18,4% aterros controlados) e 5% não informaram para onde vão seus resíduos. Em 1989, a PNSB mostrava que o percentual de Municípios que destinavam seus resíduos de forma adequada era de apenas 10,7%.

d) Aspectos gerais

A Política de Saneamento implementada no Brasil no final da década de 1960 e início da década de 1970 proporcionou ganhos significativos em relação ao aumento da distribuição de água, chegando a atingir, em 2000, um percentual de atendimento de aproximadamente 90% dos domicílios urbanos e aumentando em seis vezes o mesmo percentual para os domicílios rurais no mesmo período. Porém, não houve avanços expressivos na coleta e no tratamento de esgotos. Observa-se que os serviços de esgotamento sanitário, em 2000, eram fornecidos para apenas 56% da população urbana, com o aumento de cobertura dos serviços de saneamento básico entre 1990 e 2000 sendo nitidamente inferior aos aumentos de cobertura dos períodos anteriores (Tabela 12.1).

As condições de saneamento da população brasileira provocam, nas águas, demandas e impactos de diversas ordens. As demandas incluem desde aquelas necessárias ao abastecimento humano até as requeridas para a operação e a manutenção dos sistemas de esgotamento sanitário, limpeza pública e drenagem. Já os impactos são verificados na quantidade e, sobretudo, na quali-

dade da água, agravados pela implantação incompleta das ações de saneamento, como se observa de forma generalizada no país.

A ANA (2005b) reconhece que, no âmbito nacional, o lançamento de esgotos domésticos nos corpos hídricos se constitui no principal problema de qualidade das águas. O Caderno de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos (SRH/BID, 2005c) destaca que a maior fonte de poluição das águas por esgotos não está relacionada à parcela da população sem rede coletora e sim àquela com rede, incluindo parte da que tem tratamento, haja vista as baixas eficiências, associadas à precária operação muitas vezes encontrada.

Apesar da relativa abundância hídrica do país, é crítico o suprimento de água bruta no semi-árido brasileiro e em algumas grandes regiões metropolitanas, como São Paulo e Rio de Janeiro, que, em vista da expressiva concentração populacional, têm dificuldade de acesso a fontes de água com qualidade adequada e quantidade suficiente. Outro exemplo é a cidade de Manaus, que apesar de estar localizada na região hidrográfica de maior disponibilidade hídrica do país vive problemas de acesso à água com qualidade para o abastecimento da população, utilizando mananciais subterrâneos para atender parte dessa demanda.

Esquemas de canais e adutoras têm se mostrado relativamente eficientes no Semi-árido, conforme os exemplos dos Estados do Ceará, do Rio Grande do Norte e de Sergipe, entre outros. Esses sistemas envolvem, em alguns casos, a

TABELA 12.1
Evolução de indicadores de saneamento no Brasil, em percentuais de domicílios urbanos e rurais

ÍNDICE DE COBERTURA	1970	1980	1990	2000
Rede de distribuição de água	-	-	-	-
Domicílios urbanos	60,47	79,20	86,34	89,76
Domicílios rurais	2,61	5,05	9,28	18,06
Esgoto sanitário	-	-	-	-
Domicílios urbanos – rede de coleta	22,16	37,02	47,90	56,02
Domicílios urbanos – fossas sépticas	25,28	22,97	20,87	16,03
Domicílios rurais – rede de coleta	0,45	1,39	3,71	3,31
Domicílios rurais – fossas sépticas	3,24	7,16	14,4	9,59

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000

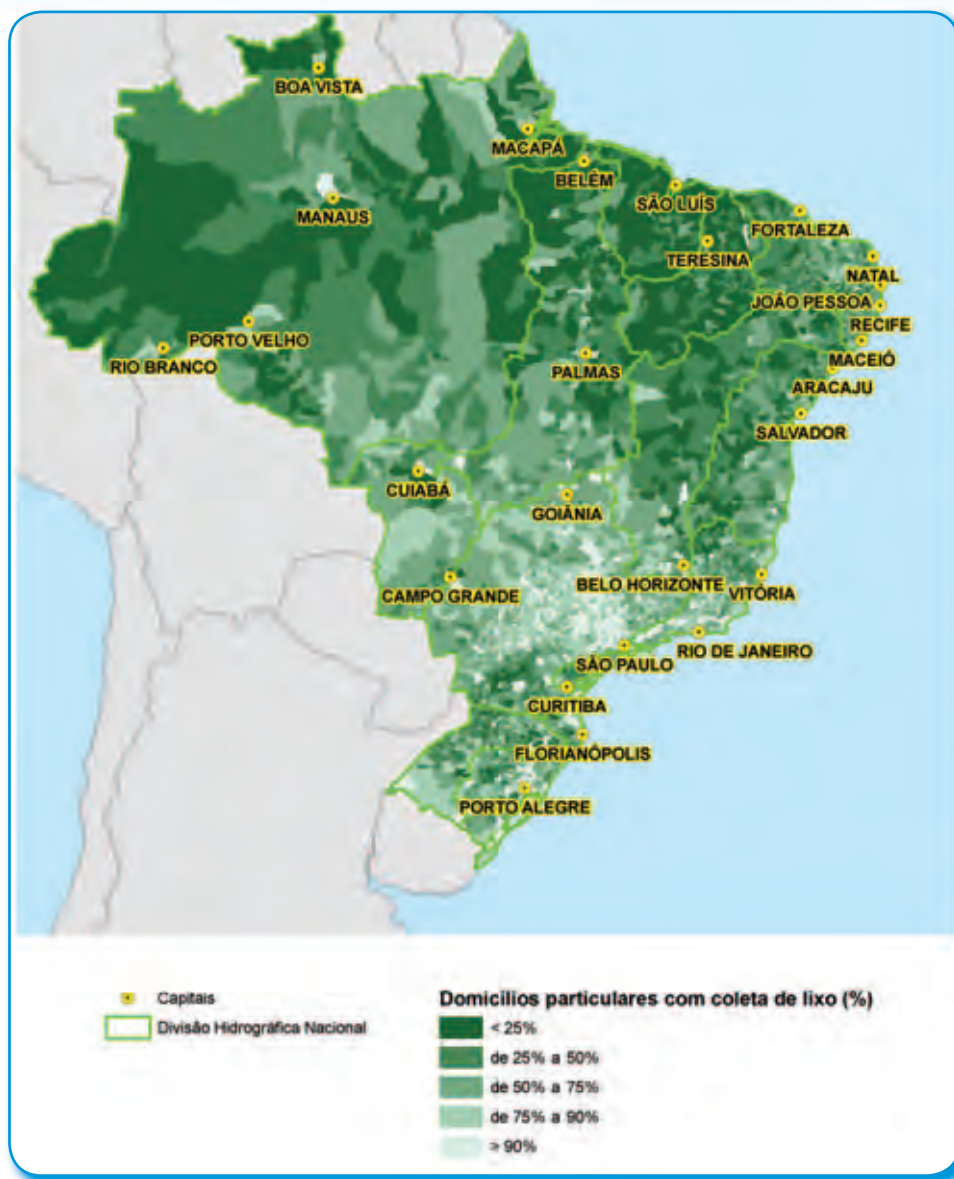


FIGURA 12.3 – Domicílios atendidos por coleta de lixo
Nota: Dados do Censo 2000 –IBGE – (5.507 Municípios) – Base de Informações Municipais. Atlas de Saneamento – IBGE. Limite das Regiões Hidrográficas – Divisão Hidrográfica Nacional – Resolução CNRH n° 32, de 15 de novembro de 2003
Fonte: MMA/SRH/BID, 2005c

transposição de água entre bacias, medida que apresenta potencial de estabelecer conflitos entre a bacia doadora e a receptora, especialmente quando a captação e os destinos se encontram em distintas unidades da Federação. Nesse contexto, ressalta-se que os principais esquemas de transposição no Brasil se encontram geralmente inseridos em um mesmo Estado, a exemplo da transposição do rio Paraíba do Sul para o Guandu, visando ao abastecimento

da cidade do Rio de Janeiro; cabe ainda citar a transposição do rio Piracicaba para a bacia do rio Tietê, visando ao abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo; e a do rio Jaguaribe para o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza.

Em termos de segurança hídrica para a população difusa no Semi-árido brasileiro, ressaltam-se a utilização de tecnologias de armazenamento e a utilização de água de

chuva, respeitadas as especificidades regionais, bem como outras tecnologias alternativas de baixo custo, como as cisternas e as barragens subterrâneas.

Um dos maiores desafios da gestão de recursos hídricos são os esforços conjuntos a serem empreendidos para a recuperação da qualidade das águas, tanto por questões ambientais quanto de saúde pública e de qualidade de vida. Embora seja uma atribuição do setor de saneamento, a qualidade dos serviços de abastecimento, de esgotamento sanitário e de coleta e disposição de resíduos sólidos urbanos têm enorme repercussão na visibilidade política da área de recursos hídricos. Por essa razão, o SINGREH deverá usar seus instrumentais de gestão para, de forma articulada com a política setorial de saneamento e saúde, atender aos fundamentos da Lei nº 9.433/1997, expressos em seu artigo 1º, bem como garantir o atendimento ao primeiro objetivo expresso na mesma Lei (artigo 2º, I) de “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

Acrescentem-se a isso os compromissos firmados entre a comunidade internacional para o desenvolvimento sustentável no mundo – as Metas de Desenvolvimento do Milênio, ratificadas em Johannesburgo, em 2002, a saber: até 2015, interromper a exploração insustentável dos recursos naturais e reduzir à metade a proporção de pessoas sem acesso à água de boa qualidade para beber.

De acordo com informações do Ministério das Cidades, citado no Caderno Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos (SRH/BID, 2005c), as necessidades de expansão e reposição para promover a cobertura integral dos serviços em áreas urbanas e rurais, até o ano de 2020, são estimadas aproximadamente em R\$ 180 bilhões, sendo a maior parte voltada para o abastecimento de água nas áreas urbanas, seguida pelo esgotamento sanitário nas áreas urbanas e uma parcela menor para os mesmos serviços nas áreas rurais, bem como para o manejo de resíduos sólidos urbanos.

Essas ponderações permitem concluir que o SINGREH deverá encontrar alternativas para induzir o tratamento de esgotos, como forma de recuperação e controle da poluição das águas. É provável que instrumentos econômi-

cos tenham de ser adotados para subsidiar parcialmente a implementação desses sistemas, a exemplo do Programa Nacional de Despoluição de Bacias da Agência Nacional de Águas (Prodes-ANA).

A criação do Ministério das Cidades, com a função de coordenar a Política Nacional de Saneamento, foi de grande importância para o processo de avanço institucional do setor. No entanto, vale ressaltar o importante desafio que é a implementação do marco regulatório para o setor de saneamento, atualmente em amplo processo de discussão nacional, que possibilitará, entre outras coisas, uma maior integração com a Política de Recursos Hídricos.

12.1.2 Agricultura e pecuária

De acordo com o Caderno Agropecuário e de Recursos Hídricos (SRH/BID, 2005b), o crescimento da população mundial e a melhoria de sua capacidade aquisitiva, sobretudo após a década de 1960, causaram elevadas pressões na base alimentar. Essas pressões, por sua vez, repercutem sobre o meio ambiente, principalmente nos solos, na cobertura vegetal e em especial nos recursos hídricos.

Ressalta-se, ainda, o expressivo número de pessoas no mundo, cerca de 800 milhões, em condições de insegurança alimentar, bem como as estatísticas sobre a fome e a garantia de alimentos no mundo. Tais estimativas revelam que se a população mundial aumentar para 10 bilhões de habitantes nos próximos cinquenta anos, cerca de 70% dos habitantes do planeta enfrentarão deficiências no suprimento de água, refletindo em cerca de um bilhão e seiscentos milhões de pessoas que não terão água para obter a alimentação básica (FAO, 2000, apud SRH/BID, 2005b).

O crescimento da população e do consumo per capita têm requerido o aumento da produção de alimentos e influenciado o incremento da prática da irrigação na busca pelo atendimento aos padrões externos de consumo e do aumento de produtividade. O crescimento da produção de grãos no país passou de 57,9 milhões de toneladas para 115,2 milhões de toneladas entre os anos agrícolas de 1990-1991 e 2002-2003 (Conab). Conforme se observa no Gráfico 12.1, enquanto a produção dobrou no período, a área plantada ampliou de 37,9



milhões de ha para 43,4 milhões de ha, indicando uma melhoria na produtividade também em função de avanços tecnológicos.

A agricultura irrigada, reconhecidamente o uso de maior consumo de água, tem sido apresentada como uma alternativa para quebrar o ciclo vicioso da pobreza

e da exclusão social em algumas regiões. Países como o Brasil, que possuem grande disponibilidade de água, solo e clima favoráveis, têm esses fatores a seu favor para adotar práticas agrícolas sustentáveis, mesmo em áreas de escassez hídrica, nas quais se faz necessária a utilização da agricultura irrigada.

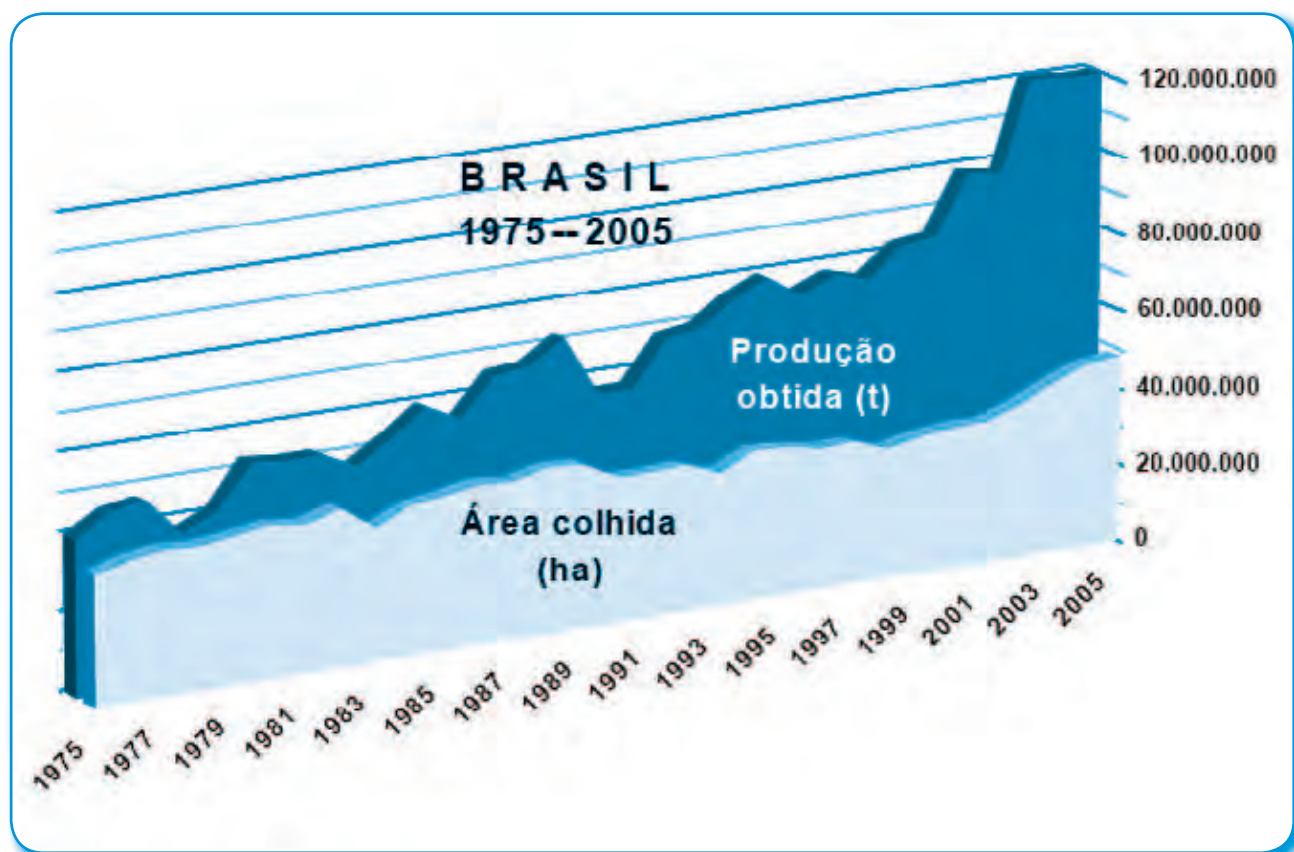


GRÁFICO 12.1 – Relação da área de produção (t) e área colhida (ha) no Brasil

Fonte: IBGE (Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/textols-pa032005.pdf>)

Dados do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) afirmam que o “Brasil tem 388 milhões de hectares de terras agricultáveis férteis e de alta produtividade, dos quais 90 milhões ainda não foram explorados”. O agronegócio tem sido responsável por cerca de “33% do Produto Interno Bruto (PIB), 42% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros” (Mapa, 2005). Uma perspectiva existente é que a dinâmica do agronegócio induza, nos próxi-

mos anos, o aumento da área irrigada no país, seja na região Nordeste, como forma de superação dos problemas socioeconômicos, seja nas demais regiões, como forma de aumentar a quantidade, a qualidade e agregar valor ao produto agrícola.

Conforme indica o Caderno Agropecuário (SRH/BID, 2005b), apesar do baixo valor obtido no Brasil para a relação área irrigada/área plantada, merece destaque a importância da irrigação no contexto nacional.

De acordo com o Caderno Agropecuário (SRH/BID, 2005b)

[...] ainda que se verifique uma pequena percentagem de área irrigada em nossas terras, em comparação com a área plantada, cultivos irrigados produziram, em 1998, 16% de nossa safra de alimentos e 35% do valor de produção. No Brasil, cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete em produtividade econômica.

Quanto ao desenvolvimento da agricultura irrigada, ainda que a taxa das áreas irrigadas tenha crescido no Brasil nos últimos anos (Gráfico 12.2), observa-se um baixo valor para a relação área irrigada/área plantada. No entanto,

mesmo se verificando uma pequena percentagem de área irrigada em comparação com a área plantada, cultivos irrigados produziram, em 1998, 16% da safra de alimentos e 35% do valor de produção. Historicamente, cada hectare irrigado equivale a três hectares de sequeiro em produtividade física e a sete em produtividade econômica (SRH/BID, 2005b).

Quanto aos métodos de irrigação, observa-se no Gráfico 12.3, tendo como base o período 1999 a 2004, uma tendência de aumento da participação daqueles menos dependentes de mão-de-obra, como é o caso dos sistemas de irrigação localizada, utilizado para culturas permanentes, e pivô central, utilizado para culturas anuais, em especial para a produção de grãos. Observa-se também uma estabilização na área irrigada por superfície, método que apresenta os maiores valores de consumo específico de água.

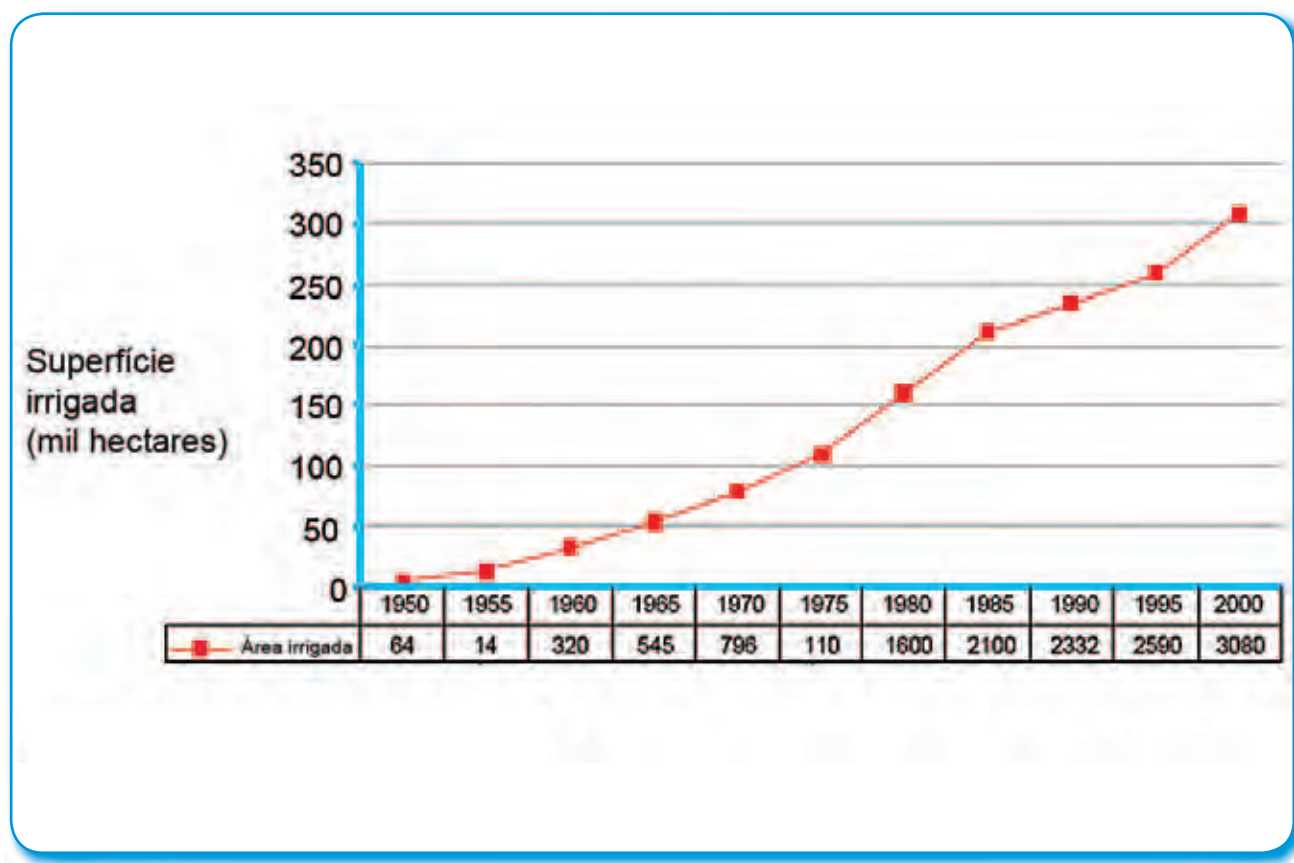


GRÁFICO 12.2 – Evolução das áreas irrigadas no Brasil, 1950-2001
Fonte: Apud CHRISTOFIDIS, 2002

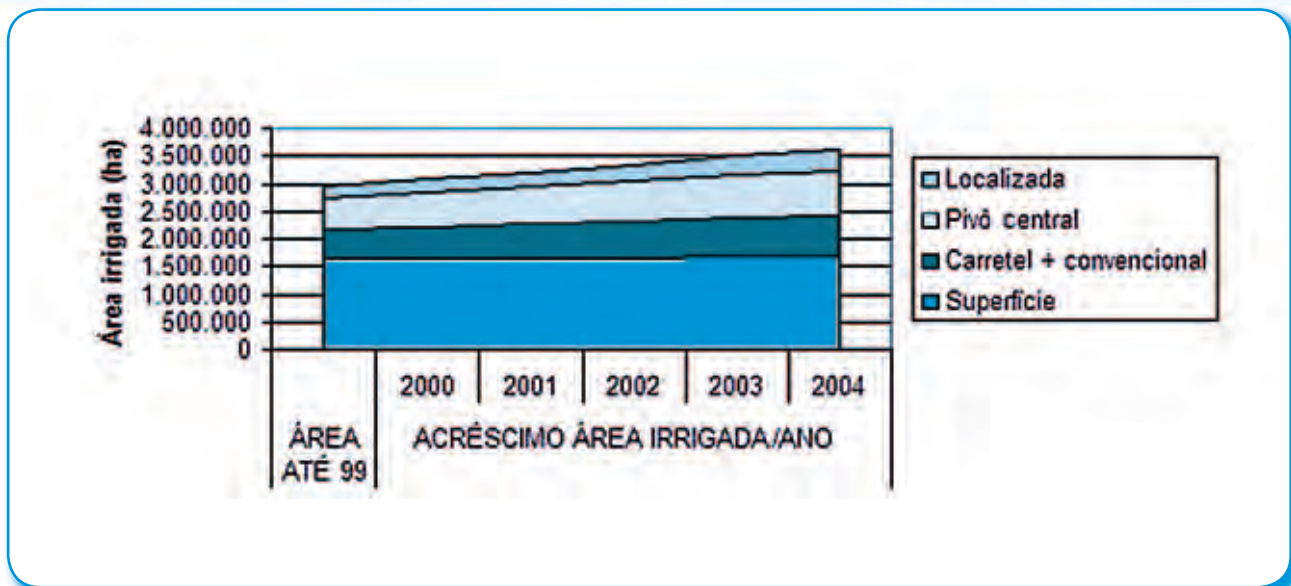


GRÁFICO 12.3 – Participação dos métodos de irrigação no Brasil
Fonte: MMA/SRH/BID, 2005b

A efetividade de projetos públicos de irrigação no Nordeste do Brasil na promoção do desenvolvimento regional sustentável foi analisada pelo Banco Mundial com base em cinco pólos de irrigação onde são encontrados onze projetos. De acordo com uma das lições aprendidas,

[...] este estudo identifica os investimentos públicos em irrigação como uma estratégia efetiva para o desenvolvimento sustentável, em âmbito regional, e para o crescimento econômico e a redução da pobreza no SemiÁrido Brasileiro. Contudo, esses investimentos devem ser acompanhados por ações complementares para responder de modo dinâmico às mudanças nos mercados e nos sistemas de produção.

Ademais, pode-se constatar que a agricultura irrigada ainda não foi adotada no país de forma efetiva para promover o desenvolvimento econômico, aumentar a segurança alimentar e nutricional, bem como para contribuir no combate à pobreza e à exclusão social. No entanto, existem evidências de que seu potencial começa a ser utilizado na

região Nordeste, a exemplo da fruticultura irrigada, terceiro produto primário com maior participação na pauta de exportação da região, juntamente com o camarão.

A intensificação do agronegócio, com incremento da irrigação e o conseqüente aumento da demanda de água, não é o único impacto potencial a ser considerado. A disposição de resíduos das atividades agrícolas é seguramente uma variável relevante a ser considerada na proteção da qualidade das águas.

No que tange às terras de uso agrossilvopastoril, estas ocupam 29,2% do território, sendo mais de 71% destas dedicadas à pecuária. As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste apresentam as maiores proporções de terras em uso agrossilvopastoril, abrangendo de metade a 2/3 de suas áreas totais. As taxas de crescimento observadas para a atividade agropecuária, no período compreendido entre os anos de 1991 e 2004, têm uma tendência crescente, apresentando valores de 1,37%, 4,1% e 5,3% para os anos de 1991, 2000 e 2004, respectivamente (IBGE, 2000).

A atividade pecuária tem se expandido no país, e conforme dados da CNA, citados no Caderno Agropecuário e Recursos Hídricos (SRH/BID, 2005b), a situação atual da pecuária bovina brasileira é paradoxal, uma vez que apresenta recordes de produção e baixa rentabilidade. Entre-

tanto, o cenário que se prevê na conjuntura internacional é que o futuro é promissor para essa atividade, considerando as crescentes demandas por seus produtos, como pode ser observado na Tabela 12.2.

Quanto à degradação da qualidade das águas, ressalta-se o impacto causado pelos rebanhos em algumas regiões em decorrência da quantidade de resíduos produzidos, acarretando poluição difusa com altas cargas de DBO. Caso não se dê de maneira adequada o manejo da pecuária, as condições de infiltração são alteradas, em especial com a retirada de vegetação natural e compactação do solo, trazendo impactos sobre a qualidade e o escoamento das águas.

TABELA 12.2
Evolução da produção de carne no Brasil

TIPO DE CARNE	PRODUÇÃO DE CARNE EM MILHÕES DE TONELADAS				
	1970	1980	1990	2000	2004
Boi/vitela	1.845	2.850	4.115	6.579	7.774
Porco	767	980	1.050	2.600	3.110
Frango	366	1.370	2.356	5.980	8.668
Carnes em geral	3.096	5.317	7.709	15.434	19.919

Fonte: MMA/SRH/BID, 2005b

Historicamente o Brasil demanda mais de uma unidade de energia elétrica para produzir uma unidade do Produto Interno Bruto (PIB). Considerando o período entre os anos de 1970 a 2003, a correlação entre o crescimento do consumo da energia elétrica

12.1.3 Geração de energia

Em torno de 80% da oferta brasileira de energia elétrica provém de fontes renováveis, com destaque para a produção de biomassa e, principalmente, para a geração hidráulica. Essa situação coloca o país em posição privilegiada em relação aos países desenvolvidos que utilizam um percentual médio de 6% dessas fontes. As diretrizes estabelecidas para o setor de energia no PPA 2004-2007 enfatizaram o incremento sustentável da oferta interna de energia mediante o aumento da capacidade de geração elétrica, entre outras ações.

e o crescimento do PIB – denominada elasticidade-renda do consumo de energia elétrica – foi de 1,73 (RAMOS, 2005).

A Tabela 12.3 apresenta a correlação elasticidade-renda de 1990 a 2002.

TABELA 12.3
Crescimento do consumo de energia elétrica e da economia

CRESCIMENTO DO CONSUMO POR CLASSE – CEE (%)						
Período	Residencial	Industrial	Comercial	Total	PIB (%)	CEE/PIB
1990/1994	4	2,2	4,9	3,2	2,8	1,4
1994/1997	9,8	5,2	7,3	6,9	3,4	2
1997/2000	4,1	3,7	7,6	4,4	1,7	2,6
1990/2000	5,7	3,7	6,6	4,7	1,6	1,8
2000/2002	-6,3	1	-2,5	-1,8	1,6	-

Fonte: RAMOS, 2005

Ao longo dos anos, o vasto potencial hidrelétrico existente no país e a alta competitividade econômica foram fatores determinantes para a priorização da construção de usinas hidrelétricas. No entanto, a partir de 1990, observa-se um decréscimo no ritmo da participação relativa da energia de origem hidrelétrica em virtude, principalmente, do advento do gás natural, dos incentivos à co-geração e das restrições ambientais. Destacam-se, nesta linha, a manutenção de um programa nuclear mínimo e a implantação do gasoduto Brasil-Bolívia. A hidroeletricidade, entretanto, continua sendo a fonte largamente dominante na matriz de energia elétrica nacional.

O Gráfico 12.4 ilustra a evolução da potência instalada em usinas hidrelétricas em todo o país, de 1980 a 2000.

O consumo de eletricidade, que foi de cerca de 285 GWh em 1998, chegou a quase 321 GWh em 2004, apesar da redução para 283 GWh em 2001, em função de práticas de racionalização de consumo durante e depois da ocorrência do racionamento de energia. A Tabela 12.4 ilustra a evolução do consumo nos últimos anos.

Em termos setoriais, destaca-se o consumo de energia elétrica pela indústria, responsável por 41,1% do consumo nacional em 2003. O setor residencial, aquele que mais contribuiu para a racionalização do consumo em 2001, é o segundo maior consumidor de energia elétrica do país para o período compreendido entre os anos de 1991 e 2003.

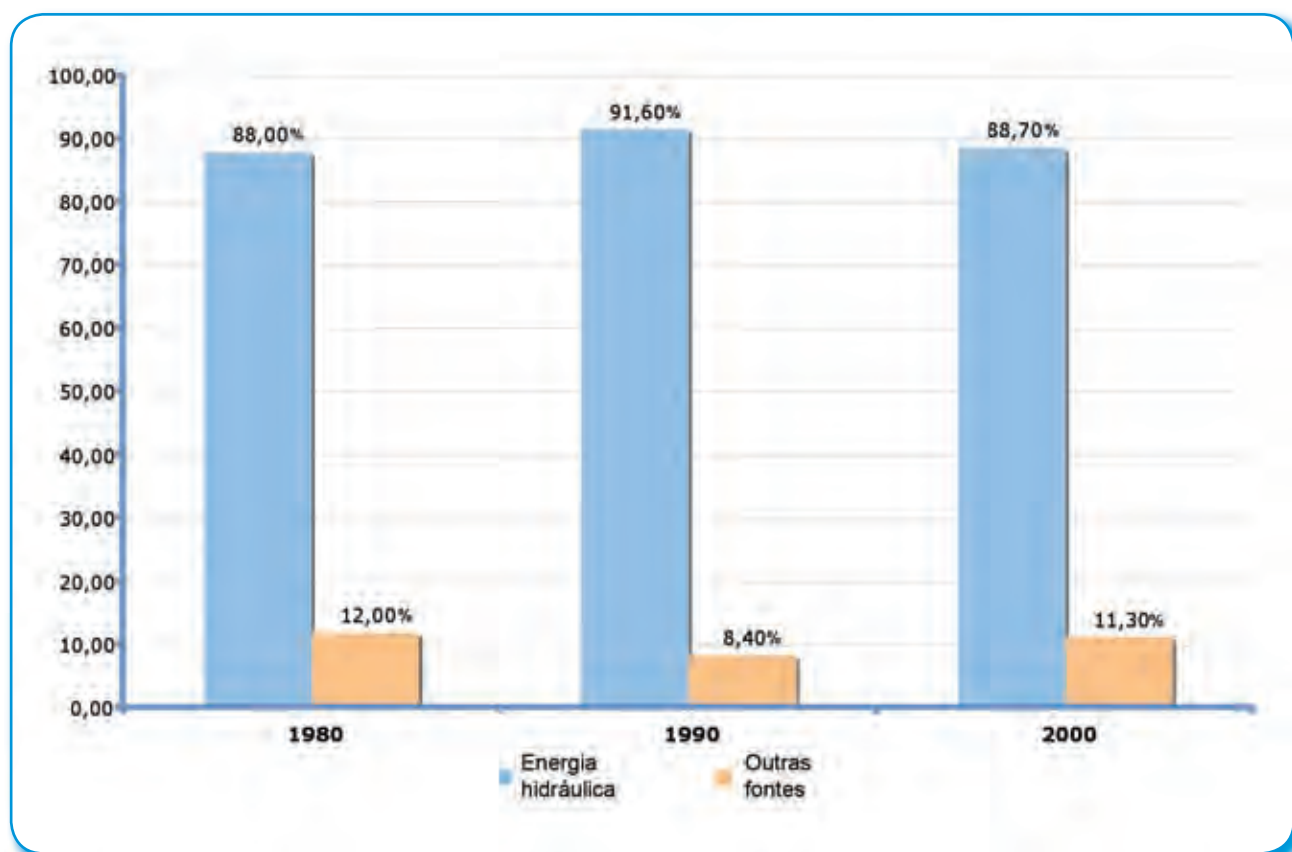


GRÁFICO 12.4 – Participação da geração hidrelétrica na potência instalada para geração de energia elétrica
Fonte: MME e ANEEL, 03/2005

TABELA 12.4
Evolução do consumo de energia elétrica por setor e região geográfica

CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (GWH)							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
SETORES							
Residencial	79.378	81.291	83.613	73.622	72.660	76.162	78.473
Comercial	41.579	43.588	47.510	44.434	45.251	47.531	49.691
Industrial	122.023	123.893	131.315	122.539	127.694	136.221	145.996
Outros	41.729	43.416	45.011	42.662	44.327	47.073	46.541
REGIÕES							
Norte	14.336	14.877	16.033	23.048	17.016	26.934	29.104
Nordeste	46.103	47.334	49.617	37.463	47.334	42.438	44.758
Sudeste/Centro-Oeste	180.459	183.660	192.073	173.537	175.114	184.018	191.517
Sul	43.811	46.317	49.726	49.209	50.468	53.597	55.322
BRASIL	284.709	292.188	307.449	283.257	289.932	306.987	320.701

Fonte: Banco de dados – Eletrobrás

Sob o ponto de vista dos impactos nos usos de água, as usinas hidrelétricas (UHEs) correspondem à categoria dos usos não consuntivos, uma vez que não extraem água dos rios em que se localizam. Entretanto, as regras operativas e a necessidade de serem disponibilizadas as vazões outorgadas às hidrelétricas podem criar restrições aos demais usuários de água, tanto a montante como a jusante. Um aspecto de grande relevância é que com o quase esgotamento de alternativas para a implantação de aproveitamentos hidrelétricos nas regiões Sul e Sudeste, a expansão do setor tende a se localizar nas regiões Centro-Oeste e Norte. Nesse sentido, ressalta-se o potencial remanescente na bacia do rio Amazonas (ANA, 2005e), especialmente nas sub-bacias do Madeira, do Tapajós e do Xingu. Esse fato reforça a necessidade de um ambiente de plena articulação institucional no âmbito do PNRH em que todos os aspectos da implantação de empreendimentos em regiões onde o sistema de gestão de recursos hídricos esteja em fase inicial de implementação e a organização e a participação da sociedade civil sejam ainda incipientes possam ser debatidos e equacionados.

Quanto à operação do Sistema Interligado Nacional (SIN), esta é coordenada e controlada pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), e os agentes geradores seguem suas determinações. Em vista disso, o SINGREH possui um desafio gerencial voltado para a necessidade de harmonizar os interesses dos diversos usuários da água e as decisões do ONS, que certamente terão repercussão no regime fluvial dos rios e sobre os demais usuários da água.

Já as usinas termelétricas (UTEs) usam relativamente pouca água, mas podem apresentar impactos ambientais quando a energia primária é obtida com carvão mineral, com potencial de contaminação das águas.

A geração de energia hidrelétrica predomina na matriz de energia elétrica nacional, permanecendo muito significativa nos planos de expansão do setor (ANA, 2005e). Entretanto, para os próximos anos, estima-se uma maior participação da geração termelétrica no atendimento do mercado de energia elétrica, motivada pela disponibilidade do gás natural (combustível consideravelmente mais

competitivo do que os derivados do petróleo) e por incentivos à prática da co-geração e de outras fontes alternativas, com o objetivo na diversificação da matriz de energia elétrica brasileira. Também se busca solução de cunho regional, com a utilização de fontes renováveis de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis a partir do aumento da participação da energia elétrica produzida com base naquelas fontes.

12.1.4 Indústria

De acordo com o Caderno Indústria e Turismo e Recursos Hídricos (SRH/BID, 2005a), informações precisas sobre a relação água e indústria são de difícil obtenção. Tal dificuldade se prende, especialmente, à identificação das tendências de crescimento econômico regional versus disponibilidade hídrica. As dificuldades de informação também esbarram nas limitações do processo de outorga pelo uso de recursos hídricos, ainda em fase de implantação, o que dificulta a identificação dos usuários de água dos diversos setores.

De acordo com os dados do Ministério do Trabalho e Emprego, no ano de 2000 existiam no Brasil 218.171 estabelecimentos industriais, empregando 4.863.434 pessoas, com a predominância de grandes pólos industriais próximos à zona costeira brasileira – cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, Porto Alegre, Recife e Salvador.

As demandas por água para este setor têm sido estimadas de forma indireta e, em geral, estão dispersas em diferentes órgãos estaduais e federais, não se dispondo de uma consolidação de abrangência nacional. Ainda assim, algumas iniciativas vêm sendo empreendidas nesse sentido. Dados

do IBGE (2000) indicam uma taxa de crescimento para o setor de 6,6% no ano de 2000, contra valores de 0,26% e 1,8% para os anos de 1991 e 1995, respectivamente. Esses dados mostram uma aceleração do crescimento do setor nos últimos anos (Tabela 12.5).

Como característica geral, o parque industrial nacional é bastante diverso, com o maior peso econômico recaindo sobre as indústrias extrativistas e de base. As indústrias de pequeno e médio portes representam mais de 90% desse parque. Essas indústrias utilizam em sua maioria, mais de 60%, as redes públicas, tanto para a captação quanto para o lançamento de seus efluentes. Entretanto, as grandes empresas, que adotam em larga maioria a captação e o lançamento direto nos corpos de água, fazem uso de um maior volume. Em compensação, têm implementado em suas unidades operacionais sistemas de reúso de água e tratamento de seus efluentes, ao contrário das pequenas e médias empresas.

Estudos indicam que, embora a água seja considerada um recurso estratégico pelas lideranças empresariais e públicas associadas às políticas públicas desenvolvimentistas, longe está a vinculação entre a seleção dos modelos socioeconômicos a serem implementados e a capacidade de suporte hídrico de uma bacia hidrográfica. O crescimento econômico regional está ainda mais fortemente vinculado à adoção de práticas de isenção de impostos, associadas à mão-de-obra barata (SRH/BID, 2005a).

Ademais, a água não é um insumo que afete de forma relevante os custos operacionais do setor industrial, mesmo considerando os custos de tratamento da água e de efluentes, suplantados largamente pelos custos com matérias-primas e mão-de-obra, pelos materiais acessórios e utilidades, pela energia e outros fatores, como o transporte.

TABELA 12.5
Evolução da taxa de crescimento do setor industrial

DISCRIMINAÇÃO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Indústria de base	1,8	1,3	4,3	-2,1	-0,6	6,6	1,6	2,7	0
Indústria extrativista	3,1	9,6	6,9	12,2	8,5	11,8	3,4	19	4,6

Fonte: Banco de dados – Eletrobrás

Estudos do Ipea (2005) caracterizaram a estrutura da demanda hídrica de 404 indústrias paulistas em 1999, constatando que existe significativa elasticidade-preço da demanda. Isso significa que um pequeno percentual de incremento de custos da água resultaria em igual percentual de redução do seu consumo. Altas elasticidades são características de bens e serviços que ou não têm relevância para o consumidor, ou possuem substitutos ou existem tecnologias eficientes que podem estabelecer reduções de uso desses recursos.

As sanções e as demandas dos órgãos ambientais, além dos compromissos quanto à responsabilidade social e a necessidades de certificação, são os determinantes mais influentes na adoção de práticas conservacionistas pelas indústrias. A motivação para atender a demandas da comunidade local e de organizações não-governamentais é também relevante, embora com menor influência que os fatores citados anteriormente. Outro fator significativo refere-se ao acesso a créditos subsidiados para adoção de práticas ambientais, mostrando que a indústria reage tanto às ameaças de sanções quanto às ofertas de oportunidades de redução de custo.

O Caderno Indústria e Turismo e Recursos Hídricos (SRH/BID, 2005a) destaca as manifestações positivas com relação ao modelo de gestão preconizado pela Lei nº 9.433/97, incluindo a adoção da cobrança pelo uso da água. Entretanto, o setor aponta os riscos resultantes das inseguranças jurídicas e institucionais que permeiam o processo de implantação do SINGREH, especialmente no que diz respeito à transferência efetiva dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água e sua aplicação na bacia hidrográfica geradora.

O estudo do Ipea (2005) “Demanda por água e custo de controle da poluição hídrica nas indústrias da bacia do rio Paraíba do Sul”, que analisa o caso da referida bacia, enfocou a fase inicial da cobrança pelo uso da água e seus potenciais impactos sobre os usuários industriais e teceu algumas conclusões, apresentadas a seguir:

- Parcela significativa dos usuários industriais instalados na bacia mostra-se contrária à cobrança. Contudo, a rejeição parece não se dar de maneira uniforme no setor, concentrando-se, sobretudo, nos estabeleci-

mentos que se caracterizam como pequenos usuários de água. Vale ressaltar que a grande maioria desses pequenos usuários torna-se consumidor por estar ligada à rede pública de saneamento.

- A cobrança pelo uso da água no Paraíba do Sul parece ter encontrado boa receptividade nas empresas de grande porte, o que indica que seus resultados em termos de geração de receitas e promoção do uso racional de recursos hídricos podem ser satisfatórios.
- Um aumento do custo da água pode induzir a reduções relativamente importantes na demanda industrial e, ao mesmo tempo, não implicar impactos substanciais sobre o custo total dos estabelecimentos. Dessa forma, a cobrança pode funcionar como um instrumento eficaz de incentivo à racionalização do uso da água.
- Os valores estimados para o custo marginal de tratamento de efluentes mostram-se bem acima dos valores atuais da cobrança por diluição de efluentes nos corpos de água. Isso sugere que a cobrança, nesse primeiro momento, terá impacto muito limitado como mecanismo de incentivo às atividades de controle de poluição hídrica.
- Existem evidências de que ocorre uma forte correlação (negativa) entre descargas de efluentes e demandas hídricas industriais. A redução em descargas de efluentes, portanto, poderá determinar incrementos em demandas de água, ou seja, ao se tentar alcançar melhorias na qualidade da água, pode-se estimular o aumento do consumo de água.

As considerações efetuadas sobre o setor industrial reforçam a suposição que, relativamente aos outros setores, a indústria tem maior facilidade em adequar-se às restrições quantitativas (outorga de retirada de água) e qualitativas (outorga de lançamentos de efluentes).

12.1.5 Transporte aquaviário

As vias navegáveis ou hidrovias interiores tiveram, ao longo do tempo, participação variável na movimentação de

mercadorias pelo território nacional e em muitos casos continuam sendo a única alternativa de transporte em determinadas regiões. Mais recentemente, elas têm ocupado papel relevante no cenário nacional, uma vez que essa atividade confere um alto grau de competitividade em regiões de expansão econômica – áreas onde se produz grande volume de grãos e outros produtos do agronegócio.

O Sistema Hidroviário Nacional, definido no Plano Nacional de Viação (Lei nº 5.917/1973 e leis subsequentes),

conta com uma rede de vias navegáveis (rios, canais e lagos) com cerca de 42.000 km de extensão. Deste total são navegáveis 28.000 km, sendo 18.000 km na bacia Amazônica. No futuro, poderão ser incorporados a esta rede mais 14.000 km, desde que obras de melhoria sejam efetivadas.

Apesar da grande extensão dessas hidroviárias, o Brasil utiliza, aproximadamente, 10.000 km como vias navegáveis de transporte comercial (Figura 12.4), sendo as principais hidroviárias encontradas nas Regiões Hidrográficas Amazô-

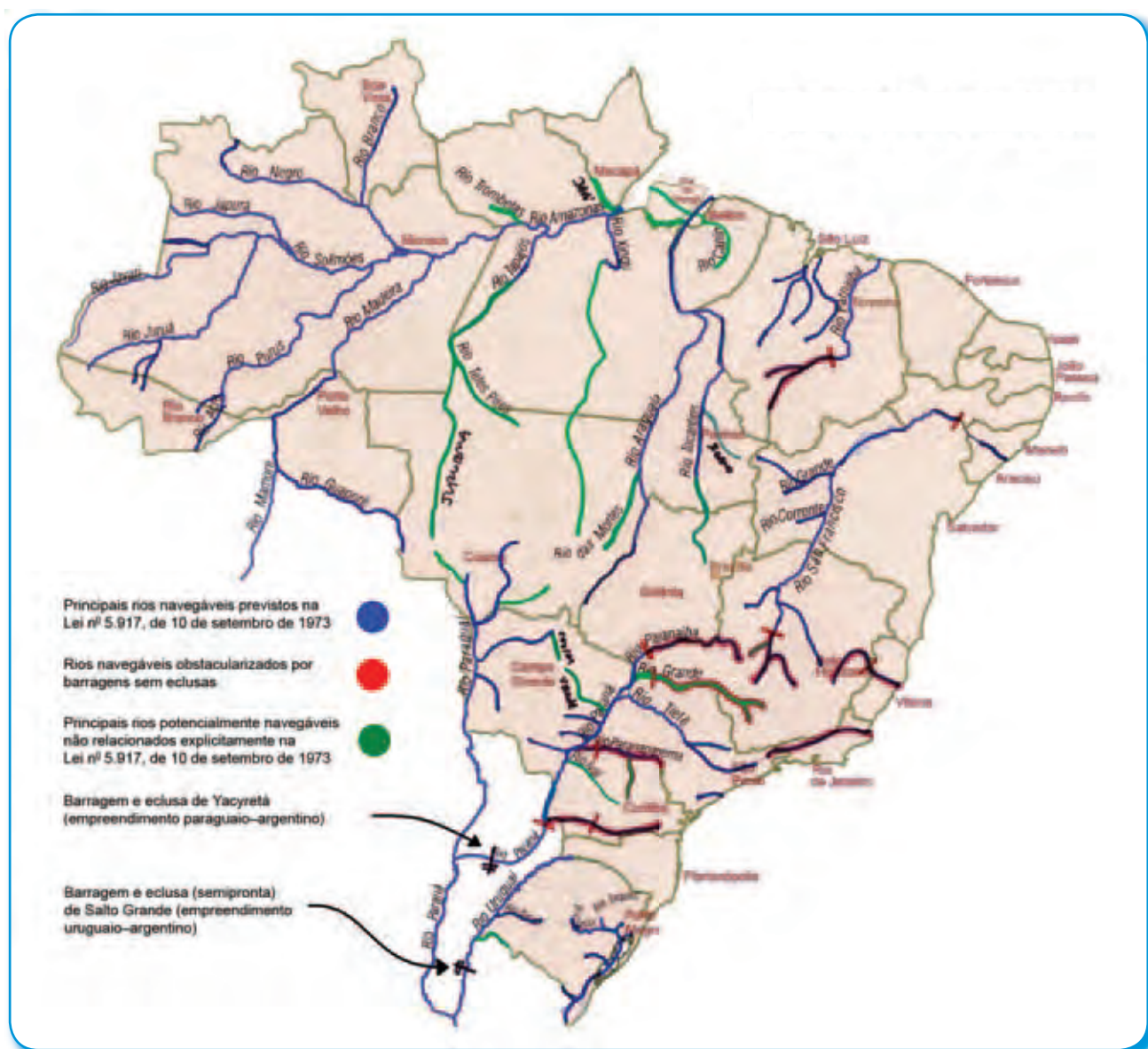


FIGURA 12.4 – Principais hidroviárias brasileiras
 Fonte: Ministério dos Transportes, 2006

nica, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Tocantins-Araguaia, São Francisco, Atlântico Sul, Paraná e Paraguai.

No período de 1999 a 2001, houve um incremento no transporte aquaviário. Na Região Hidrográfica Amazônica, a movimentação de cargas no rio Madeira aumentou 20,40%, enquanto que para o mesmo período no rio Solimões esse aumento foi de 29,08%. Na hidrovía Guamá-Capim, no Pará, o aumento de carga transportada chegou a 55,88%. Já em outras hidrovias se notam variações negativas, como o caso da hidrovía do Paraguai, com índice de variação negativo de 12,19%.

O conjunto das hidrovias teve um aumento médio de 5,34% no triênio 1999/2001 e de 14,30% no biênio 2000/2001, demonstrando tendência de crescimento expressivo para os anos futuros. Os números evidenciam a significativa importância que as hidrovias passaram a ter para o transporte de mercadorias no território nacional.

12.1.6 Aqüicultura e pesca

De acordo com as informações apresentadas pela Secretaria de Aqüicultura e Pesca (Seap), na oficina (segmentos de usuários, ampliando o debate sobre as águas brasileiras), no Brasil observa-se um consumo crescente da produção de alimentos que utilizam a aqüicultura, e uma das razões para esse crescimento é que o país possui 8.500 km de costas marítimas e 3,5 milhões de hectares de terras alagadas naturais ou por reservatórios, ambientes adequados para a aqüicultura.

O Brasil oferece condições naturais ideais para a produção de camarão, apresentando uma das maiores produtividades mundiais nesta atividade, o que vem acarretando um significativo aumento na produção. A quase totalidade da produção aqüícola é originária dos Estados nordestinos, sobretudo o Rio Grande do Norte e o Ceará.

A situação atual explicita a existência de um grande espaço para a expansão dessa atividade, especialmente nas regiões litorâneas do Nordeste brasileiro. Esse uso para os recursos hídricos, geralmente, não compete com os demais, pois o consumo de água é relativamente baixo (10% da derivação no caso de tanques, por causa da evaporação, e praticamente nulo nos casos de uso de tanques-rede ou de malacocultura). No entanto, a atividade exige um regi-

me hídrico adequado e águas com qualidade compatível, o que pode gerar conflitos com outros usos a montante. Por outro lado, algumas práticas podem acarretar impactos ambientais significativos, afetando outros usos. Esses impactos são observados em especial em mangues e em outras áreas propícias à carcinicultura.

Cabe ressaltar que esse setor pode ser especialmente beneficiado por programas de despoluição em corpos de água com potencial pesqueiro e aqüícola; contudo, algumas de suas práticas ainda devem adequar-se às exigências ambientais para minimizar seus impactos, em especial vinculados à carcinicultura.

A definição das áreas propícias para a aqüicultura e a implementação de regras e procedimentos claros para a concessão do uso da água são fundamentais para a sustentabilidade do setor.

12.1.7 Turismo e lazer

A despeito do potencial turístico do país, associado à sua beleza cênica, características climáticas e rica biodiversidade, dentre outros, esse setor tem experimentado mais recentemente um grande desenvolvimento, tanto no que se relaciona com o turismo externo, quanto no que diz respeito ao turismo interno. As mudanças observadas no setor se prendem, entre outros fatores, ao estabelecimento de um ministério específico para tratar dessa temática.

O setor ainda apresenta uma larga margem para seu crescimento no país, com uma parcela importante relacionada aos recursos hídricos, portanto podendo ser afetada pela qualidade e pela quantidade desse recurso, especialmente quando é desenvolvido em função da proximidade de corpos de água e do ambiente natural preservado.

Em virtude da crescente sensibilização da população para as questões ambientais, observada mais recentemente, destacam-se o crescimento das atividades do turismo ecológico e do turismo da pesca, ressaltando também o crescente interesse pelo turismo científico e tecnológico.

Na rota ligada a esse ramo da atividade turística, o Brasil recebe crescente contingente de turistas estrangeiros notadamente atraídos para regiões emblemáticas, como o Pantanal e a Amazônia.

Atenção especial, no entanto, deve ser dispensada a esse tipo de turismo, por conta dos seus potenciais impactos sobre o meio ambiente e as populações locais. Tal fato requer o estabelecimento de políticas que promovam esta atividade de maneira sustentável do ponto de vista socioambiental, portanto integrando-as com as políticas ambiental e de recursos hídricos, dentre outras.

12.2 OS CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA

Tendo como referência os estudos apresentados no Capítulo 10, é possível apresentar de forma genérica os principais conflitos pelo uso da água, sejam eles atuais ou potenciais, a serem enfrentados pelo sistema de gestão competente. A resolução ou a amenização desses conflitos faz parte dos desafios enfrentados pelos integrantes do SINGREH.

Cabe destacar a existência de usos concorrentes, ou seja, usos que concorrem entre si pelo uso da água em determinada bacia, podendo haver uma convivência harmoniosa ou não. Esses usos acontecem em todo o país, não havendo a hegemonia de um único tipo de uso.

Retirada de água, lançamento de efluentes, alteração do regime fluviométrico são tipos de usos que podem ser considerados concorrentes e potencialmente geradores de conflitos, ressaltando que esses conflitos podem ocorrer entre os setores e internamente também (intra-setoriais).

Apoiando-se nessas considerações, a seguir é feita uma sucinta apresentação dos conflitos pelo uso da água nas regiões hidrográficas brasileiras, destacando-se algumas dessas regiões. Cabe ressaltar que estudos mais detalhados se encontram nos respectivos Cadernos Regionais.

12.2.1 Região Hidrográfica Amazônica

Nesta região hidrográfica prevalece a idéia da abundância dos recursos hídricos, o que justifica o incipiente estágio de implementação dos instrumentos da política de recursos hídricos. Os sistemas estaduais de meio ambiente e recursos hídricos e seus respectivos conselhos ainda funcionam de forma precária, em função das mais diversas razões. Grande parte dos conselhos exerce papel de assessoria de governo e não de órgão colegiado independen-

te, faltando-lhes capacidade para intermediar e arbitrar disputas entre os setores usuários de recursos ambientais, bem como maior representação e participação da sociedade e dos Municípios nas tomadas de decisões.

Em razão da grande disponibilidade hídrica, não se espera para o horizonte deste Plano a ocorrência de significativos conflitos intersetoriais pelo uso da água em termos quantitativos. Contudo, as deficiências na rede de abastecimento de água e no tratamento de esgotos domésticos, especialmente nas zonas urbanas com populações maiores que 500 mil habitantes, já se caracterizam como conflitos intra-setoriais. Como se vê, a disposição final dos esgotos, geralmente sem tratamento, causa degradação qualitativa das águas que poderiam ser usadas para o abastecimento público. No que diz respeito a usos concorrentes intersetoriais, pode-se destacar que, de forma pontual, a agricultura irrigada e a geração de energia em pequenas centrais hidrelétricas no Estado de Rondônia apresentam-se como usos com potencial conflito.

12.2.2 Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia

Os conflitos pelo uso da água são pequenos e pontuais, o que dificulta sua apresentação na escala de um Plano Nacional. Mesmo as questões referentes à alteração da qualidade das águas, que podem ter significação em uma determinada circunstância e local, não se mostram permanentes durante o tempo, sendo pouco conhecidas.

Têm grande destaque no uso da água a irrigação, a geração de energia elétrica, o saneamento e os transportes.

Os diferentes impactos provocados pelos empreendimentos vinculados aos usos da água, em especial hidrelétricas e hidrovias, podem gerar conflitos difusos que atingem pequenas comunidades sem serem evidenciados em escala significativa.

Vale exemplificar a clara relação demonstrada entre os diferentes impactos e os potenciais conflitos. Como exemplo, a implantação de hidrovias influi na dinâmica do fluxo das águas, interfere na recreação e no turismo e também na pesca.



Foto: Sabesp/Odair Marcos Faria

12.2.3 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental

Nos centros urbanos desta região, sobretudo em São Luís, o lançamento de esgotos domésticos, indústria e mineração (lançamento de efluentes industriais), agricultura (agrotóxicos), aquíicultura (efluentes da carcinicultura) afetam, principalmente, o abastecimento público, a pequena agricultura, a pequena criação de animais e a pesca.

Os conflitos identificados na região litorânea envolvem pescadores artesanais e industriais, mineradoras (areia, argila e pedra), populações ribeirinhas, garimpo clandestino em unidades de conservação. Esses conflitos estão associados ainda a questões relacionadas à posse da terra, entre especuladores imobiliários, posseiros e grileiros.

12.2.4 Região Hidrográfica Parnaíba

A baixa densidade demográfica aliada à disponibilidade hídrica da Região Hidrográfica do Parnaíba não favorecem a instalação de conflitos no tocante à quantidade de água para atender às demandas. Apesar disso, há problemas relacionados com a qualidade da água por causa do lançamento de esgotos nos centros urbanos, principalmente nas épocas de estiagem. Esse problema é identificado na bacia do rio Gurguéia, sendo também identificado nos rios próximos a Teresina e Crateús.

12.2.5 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental

Embora reconhecidamente esta região hidrográfica seja a que apresenta maiores carências de disponibilidade de água em quantidade, os conflitos detectados têm, na maioria das vezes, sua origem na agricultura irrigada, que afeta diretamente o abastecimento público do ponto de vista quantitativo e indiretamente a qualidade, visto que os cursos d'água não têm vazão suficiente para diluir os efluentes domésticos, industriais e agrícolas, comprometendo assim o abastecimento público.

Da mesma forma, há o conflito no setor agropecuário, visto que os efluentes gerados pela agricultura afetam a qualidade da água, prejudicando a criação de animais. Desta-

ca-se como uso concorrente intersetorial o lançamento de efluentes domésticos, que comprometem a qualidade da água para o turismo e o lazer.

Nesse contexto de escassez, observa-se o acirramento de conflitos entre os setores demandantes de água: urbano (residencial), industrial e agropecuário (principalmente irrigação).

A concentração humana em determinadas partes da região, especialmente nas regiões metropolitanas, a expansão industrial e o desenvolvimento de atividades agrícolas em larga escala potencializam os conflitos.

12.2.6 Região Hidrográfica São Francisco

Nesta região hidrográfica, os usos existentes afetam a quantidade e a qualidade da água com intensidades similares.

Os usos que afetam o aspecto quantitativo têm como geradores as retiradas de água para o abastecimento público e, principalmente, para a agricultura irrigada e a indústria, que acabam por afetar esses mesmos usos, configurando disputas intra e intersetoriais. Em relação à irrigação, ficam evidenciados esses conflitos nos períodos críticos, destacando-se as bacias dos rios Verde Grande e Mosquito, ao norte de Minas Gerais.

Ainda em relação à irrigação, há uma demanda excessiva de água para irrigação no médio e no submédio São Francisco, cujos volumes, em alguns locais, se situam muito acima das disponibilidades, causando pequenos conflitos.

Um outro conflito evidenciado diz respeito ao comprometimento da pesca no baixo São Francisco, causado pela construção das represas ao longo deste rio.

12.2.7 Região Hidrográfica Atlântico Leste

No Atlântico Leste, dentre os usos da água destaca-se a agricultura irrigada, que afeta, quantitativamente, o abastecimento público, a indústria, o turismo e o lazer. Em especial na zona costeira, o lançamento de esgotos domésticos nos corpos de água restringe os usos para abastecimento, comprometendo também a balneabilidade das praias, criando conflitos com as atividades turísticas e econômicas (comércio local).

12.2.8 Região Hidrográfica Atlântico Sudeste

Não diferentemente de outras regiões, o lançamento de esgotos domésticos restringe usos para abastecimento, sobretudo na zona costeira, comprometendo a balneabilidade das praias e, conseqüentemente, o turismo.

O grande destaque nessa região fica por conta do rio Paraíba do Sul, que tem a qualidade de sua água comprometida em determinados trechos, apresentando reduzida capacidade de diluição de efluentes. Essa situação agrava-se nos períodos de estiagem em razão da grande vazão de água captada do rio (aproximadamente 60% da disponibilidade hídrica no trecho é captada) para a transposição das águas efetuada pelo Sistema Guandu.

Também há conflitos pelo uso da água relacionados à sua baixa disponibilidade na região do litoral de São Paulo, o que, em parte, justifica a opção pela transposição de água do alto Tietê para atendimento da demanda e controle da intrusão salina.

12.2.9 Região Hidrográfica Paraná

Os conflitos pelo uso da água na Região Hidrográfica do Paraná envolvem, principalmente, problemas relacionados à poluição, em especial nas maiores aglomerações urbanas. Nas bacias do Rio do Grande e Paranaíba, em determinados locais há um consumo excessivo de água para irrigação, causando algumas vezes conflitos entre os irrigantes. Como conflitos envolvendo múltiplos usos, tem-se o caso de restrições operacionais para geração de energia elétrica e transporte hidroviário na hidrovía Tietê-Paraná, conflito que ficou mais evidente no ano de 2001. Há ainda a questão da suinocultura intensiva, com geração de expressiva carga poluidora, sobretudo na bacia do rio Iguaçu.

Cabe destacar que cerca de 50% da população da região hidrográfica vive em regiões metropolitanas, sendo uma área territorial pouco expressiva. O exemplo mais emblemático dessa situação é a Região Metropolitana de São Paulo, que com pouco mais de 8.000 km² apresentava, no ano 2000, mais de 17.800.000 habitantes, obtendo assim uma disponibilidade hídrica per capita baixíssima

e elevadas cargas poluidoras de origens diversas (esgotos domésticos; efluentes industriais e de veículos; cargas difusas e outras).

12.2.10 Região Hidrográfica Atlântico Sul

De forma resumida, têm-se na Região Hidrográfica do Atlântico Sul conflitos que podem ser enquadrados em duas tipologias principais: 1) quantitativos, decorrentes de demandas que em alguns pontos superam as disponibilidades; 2) qualitativos, decorrentes da degradação por determinado uso que acaba por inviabilizar outro.

São exemplos do primeiro tipo os conflitos intersetoriais observados entre irrigantes onde são praticadas todas as formas de irrigação, sobretudo as com alto consumo e baixa eficiência. Ilustram este exemplo as derivações irregulares realizadas por determinados irrigantes, chegando a interromper o fluxo para jusante e impedindo a captação de outros usuários. Na Região Hidrográfica do Atlântico Sul esta situação vem sendo observada ao longo das últimas décadas, notadamente naquelas sub-bacias com vocação agrícola mais destacada.

Quanto aos conflitos de natureza qualitativa, tem-se talvez o exemplo mais emblemático na bacia do Gravataí, onde a combinação de lançamento de esgotos domésticos, resíduos sólidos, efluentes industriais e da irrigação comprometem a tal ponto a qualidade das águas no curso inferior que o abastecimento de água para Gravataí, Cachoeirinha, Alvorada e Viando requer a captação de água bruta a cerca de 15 km de distância, no delta do Guaíba.

12.2.11 Região Hidrográfica Uruguai

Nesta região, constatam-se conflitos entre os usuários de água para irrigação (arroz) e o abastecimento público nos períodos secos nas regiões dos rios Quaraí, Santa Maria e Ibicuí.

Nas bacias hidrográficas dos rios Peperi-Guaçu, Antas, Chapecó, Irani, Jacutinga, Peixe e Canoas há casos de conflitos de longa data que envolvem abastecimento público e usos pecuários (suinocultura/avicultura e seus efluentes), efluentes urbanos (esgotos) e industriais (celulose).

12.2.12 Região Hidrográfica Paraguai

Nesta região, não foi evidenciada a existência de conflitos, porém há fortes indicativos de potenciais conflitos:

- a) uso da água no planalto versus uso da água na planície;
- b) uso da água na irrigação comprometendo o abastecimento público e o uso industrial (já evidenciado nas sub-bacias do alto São Lourenço, Itiquira e Miranda, no Município de Miranda); e
- c) navegação e turismo, sendo a poluição é o principal problema.

12.2.13 Considerações gerais

Em um olhar geral sobre as regiões hidrográficas, percebe-se que é recorrente o comprometimento da qualidade da água para abastecimento público em decorrência do lançamento de efluentes, sobretudo esgotos domésticos.

Esse fato demonstra que o setor de saneamento é aquele que se destaca como principal agente e vítima das alterações na qualidade da água. Diante da importância desse setor, fica explicitada uma demanda nacional que se refere ao saneamento, envolvendo abastecimento de água, coleta e tratamento dos efluentes.

O comprometimento da qualidade da água também está associado ao lançamento de efluentes oriundos da indústria, que mesmo sendo pontual apresenta uma maior diversidade na sua composição.

No tocante aos usos concorrentes intersetoriais, destacam-se duas interferências principais. A primeira refere-se às interferências da geração de energia elétrica com os setores de navegação, pesca, turismo e lazer. No tocante à navegação fluvial, os empreendimentos dos rios Tietê e Paraná deverão se compatibilizar, visando a atingir de forma pacífica os múltiplos usos preconizados na Lei nº 9.433/1997.

A segunda interferência diz respeito ao elevado consumo de água do setor de irrigação, que interfere na

disponibilidade para outros setores (abastecimento público, indústria, geração de energia, turismo e lazer) e para o próprio setor de irrigação.

Em síntese, esses casos evidenciam, de modo genérico, a necessidade de estruturação e/ou aparelhamento institucional dos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos e de meio ambiente, a fim de que possam ser aplicados instrumentos preventivos e corretivos capazes de equacionar e compatibilizar as demandas dos diversos usuários da água.

12.2.14 Usos concorrentes potenciais geradores de conflitos

Os principais usos concorrentes, sejam eles consuntivos ou não consuntivos, verificados nas regiões hidrográficas brasileiras envolvem principalmente os seguintes setores: geração hidrelétrica, irrigação, transporte hidroviário, abastecimento humano, saneamento básico, indústria, dentre outros.

Historicamente, o estabelecimento de disputas entre os usos concorrentes intersetoriais reflete desarticulações institucionais entre órgãos governamentais das diversas instâncias federativas responsáveis pela formulação e pela implementação das políticas públicas. Contudo, há disputas entre usos concorrentes intrasetoriais que também demonstram as dificuldades para atender às diversas demandas pelo uso da água, evidenciando até mesmo a contraposição entre interesses públicos e privados.

As dimensões dos potenciais conflitos pelo uso da água tornam evidentes os desafios a serem enfrentados pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) em relação às demais instituições públicas e privadas, consolidando-se assim num espaço político de negociação e tomada de decisão sobre o atendimento às demandas setoriais relativas ao uso dos recursos hídricos.

12.3 AS PERSPECTIVAS PARA O APROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA

12.3.1 Condicionantes para o aproveitamento dos recursos hídricos

O Brasil é um país de grandes contrastes, seja no que se refere à diversidade e à riqueza dos recursos naturais, seja no tocante aos aspectos socioculturais e econômicos. A disponibilidade hídrica nas diversas regiões hidrográficas brasileiras reflete essa variabilidade, bem como a forma com a qual a sociedade se relaciona com o meio ambiente para o desenvolvimento de suas atividades sociais e produtivas. Nesse sentido, os resultados do balanço entre as demandas e as vazões médias superficiais, apresentado anteriormente, revelam que as regiões hidrográficas brasileiras podem ser classificadas de muito crítica a excelente.

Contudo, um aspecto comum às regiões hidrográficas brasileiras, a despeito de apresentarem escassez ou farta disponibilidade natural de água, é a degradação da qualidade da água, que inclui ainda alterações no regime hídrico e na sua quantidade. Essas alterações decorrem do crescimento demográfico, da parca infra-estrutura de saneamento e da progressiva demanda originada por atividades econômicas nem sempre compatibilizadas com os princípios da sustentabilidade ambiental.

O atendimento às demandas de água requer, portanto, o conhecimento das condicionantes para a utilização sustentável dos recursos hídricos, de modo que se organize o uso do território em conformidade com sua capacidade de suporte. Dessa forma, o ordenamento territorial constitui-se em um instrumento integrado de planejamento a ser considerado na execução de todas as políticas públicas.

Nesse sentido, ressalta-se a relevância da integração e da articulação institucional das diversas políticas públicas correlatas para o êxito efetivo do modelo de gestão das águas preconizado pela Lei nº 9.433/1997, cabendo aqui resgatar o objetivo geral do Plano Nacional de Recursos Hídricos:

Estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social.

A abordagem adotada para a definição de perspectivas e de condicionantes para a utilização sustentável dos recursos hídricos levou em conta fatores físicos, bióticos, atividades produtivas instaladas, situação dos biomas e das ecorregiões aquáticas, incluindo as áreas legalmente protegidas. Dessa forma, procurou-se consolidar o cenário atual brasileiro que interage com a questão dos recursos hídricos, delineando-se um painel síntese das regiões hidrográficas brasileiras.

Essa abordagem síntese partiu do balanço entre as demandas e as vazões médias, cujos resultados levaram à identificação de cinco classes para o país e permitiram identificar as principais áreas críticas sob a ótica da utilização da água. Tal classificação orientou a análise integrada regional, permitindo delinear um quadro de restrições e de perspectivas de usos dos recursos hídricos. A conseqüente definição e análise de áreas de escassez hídrica, em função de seu grau de comprometimento, constitui elemento básico para a definição de estratégias relativas à gestão integrada dos recursos hídricos.

12.3.2 Condicionantes da sustentabilidade hídrica

Esta análise parte do princípio de que o uso sustentável dos recursos hídricos é resultante do uso que se faz dos demais recursos naturais de uma bacia hidrográfica. Como unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos, a bacia hidrográfica deve, portanto, ser ocupada e utilizada em conformidade com sua capacidade de suporte, tanto em termos qualitativos como quantitativos.

Inserem-se nesta análise duas condicionantes físicas para o aproveitamento dos recursos hídricos: o clima, cujo re-

gime termopluiométrico determina o volume de água anualmente aportado e mantido no sistema hidrológico; e a susceptibilidade erosiva dos solos, que determina o aporte de sedimentos aos corpos hídricos.

É da interação dessas duas condicionantes com o uso e a ocupação dos terrenos que se chega ao estágio de conservação dos biomas e dos ecossistemas aquáticos, estando assim a bacia hidrográfica sujeita a uma outra fonte de degradação ambiental: a água utilizada pelas atividades antrópicas e descartada na forma de efluentes domésticos e industriais que alteram a qualidade do corpo hídrico receptor.

12.3.2.1 Condicionantes físicas

a) Características termopluiométricas

O Brasil é caracterizado por três principais grupos climáticos do ponto de vista do regime térmico: quente, subquente e mesotérmico brando. Esses grupos são subdivididos em tipos climáticos de acordo com o regime pluviométrico, que varia de superúmido a semi-árido. O regime térmico atende, de modo geral, a determinações latitudinais, com as temperaturas mais elevadas nas proximidades da linha do Equador, de onde decrescem em direção ao Trópico de Capricórnio. A distribuição da pluviosidade atende a fatores mais ligados à dinâmica atmosférica, com destaque para as zonas de baixa e alta pressão atmosférica.

Conforme se pode verificar na Figura 12.5, a ocorrência dos climas quentes marca a porção setentrional e central do país, havendo um gradiente crescente de umidade no sentido leste-oeste. O grupo climático quente tem temperatura média maior que 18 °C durante todos os meses do ano. Já no tocante ao regime pluviométrico, este grupo climático pode variar de superúmido (sem qualquer mês seco) a semi-árido (de 6 a 11 meses secos).

De acordo com esse gradiente de umidade, os tipos climáticos quentes e secos estão situados na extremidade nordeste do país, onde chegam a apresentar condições de semi-aridez. Esses tipos climáticos semi-áridos estendem-se da costa nordestina em direção ao sul, quando penetram pelo vale do rio São Francisco até o início de seu médio curso. Há dois núcleos de semi-aridez mais intensa (9 a 11

meses secos): um localizado no baixo curso da Região Hidrográfica do São Francisco (ao norte do Estado da Bahia); e outro que ocorre na porção leste da Região Atlântico Nordeste Oriental (no interior do Estado da Paraíba).

Com essa distribuição espacial, portanto, os tipos climáticos semi-áridos ocorrem nas regiões hidrográficas do Parnaíba (porção centro-norte), do Atlântico Nordeste Oriental, do São Francisco (médio e baixos cursos) e do Atlântico Leste (porção oeste, mais afastada da costa litorânea).

Já os tipos climáticos quentes e úmidos têm ocorrência predominante na porção setentrional do país, onde chega a ter características de superúmido na extremidade oeste da bacia Amazônica. Os climas úmidos e superúmidos ocorrem ainda ao longo da costa litorânea situada ao norte do Trópico de Capricórnio e também na porção centro-oeste, quando fazem transição para os tipos climáticos semi-úmidos e para os climas subquentes. Dessa forma, o grupo climático quente e úmido abrange a região hidrográfica Amazônica, porção noroeste do Tocantins-Araguaia, porção oeste do Atlântico Nordeste Ocidental, porção noroeste do Paraná, porção meridional do Paraguai e a faixa litorânea do Atlântico Leste.

Os tipos climáticos semi-úmidos são caracterizados por quatro a cinco meses secos, predominando espacialmente na porção interior do país, passando pelos Estados do Maranhão (centro), do Ceará (sul), da Bahia (extremo oeste), do Tocantins, de Goiás, do Distrito Federal, de Mato Grosso e de Minas Gerais. Dessa forma, o grupo climático quente e semiúmido abrange a porção sul da região Amazônica, centro-sul do Tocantins-Araguaia, porção central do Atlântico Nordeste Ocidental, porção nordeste do Paraná, porção meridional do São Francisco e porção ocidental do Atlântico Leste, onde se intercala com tipos semi-áridos e úmidos.

O grupo climático subquente é caracterizado por temperaturas médias entre 15 °C e 18 °C durante pelo menos um mês do ano, e a presença de umidade caracteriza-os com variações de superúmido a semi-úmido. Sua ocorrência é marcante na porção central da região hidrográfica do Paraná e sul do Paraguai, abrangendo a porção central do Estado de São Paulo e sul de Mato Grosso do Sul.

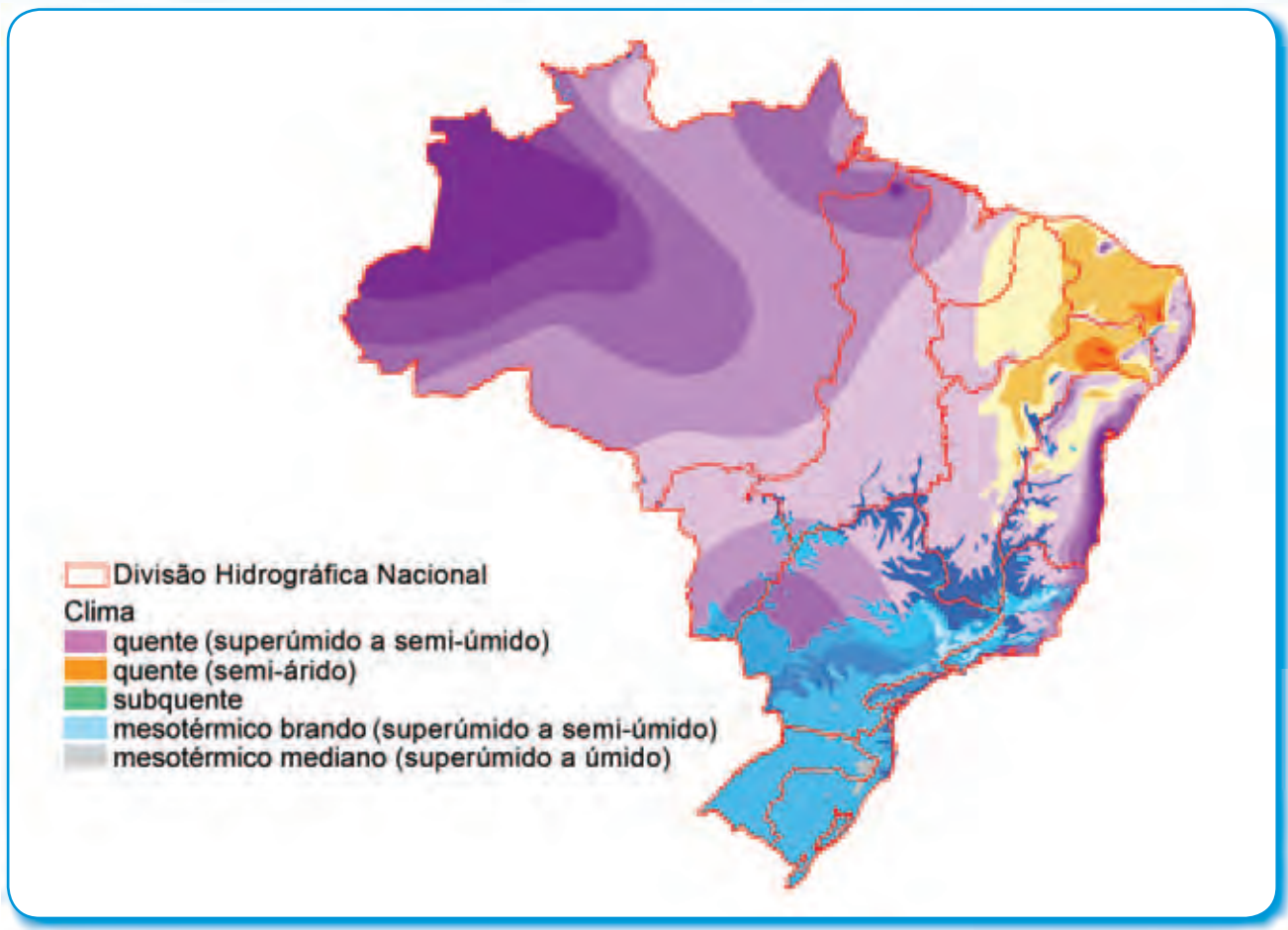


FIGURA 12.5 – Unidades climáticas brasileiras
 Fonte: SIPNRH (SRH/MMA) Mapa de clima, IBGE, 2005 (adaptado)

O grupo climático mesotérmico brando caracteriza-se pelas temperaturas médias entre 10 °C e 15 °C. Ele também apresenta variações de superúmido a semi-úmido. Sua ocorrência é marcante nos Estados meridionais do país, pois abrange da porção sul da Região Hidrográfica do Paraná até as Regiões Atlântico Sul e Uruguai. Há porções serranas situadas nos limites entre as Regiões do Paraná e do Atlântico Sudeste que apresentam tais condições climáticas nas elevadas altitudes.

Conhecidos os tipos climáticos principais do país, é válido ainda verificar o montante de água que entra em cada região hidrográfica brasileira, visto que a pluviosidade tem dois destinos principais: ou é retirada pelas plantas e pelo solo, infiltrando-se nos solos, recarregando os aquíferos e voltando em parte para a atmosfera por vapotranspiração; ou esco da terra para o mar através dos rios, dos lagos

e das áreas pantanosas. A água da evapotranspiração dá suporte a florestas, cultivos, pastagens e a uma variedade de ecossistemas. O escoamento superficial, por sua vez, é a fonte primária de água para o consumo humano e os demais usos, entre os quais a proteção de ecossistemas naturais e a diluição de efluentes.

Os índices pluviométricos médios anuais das regiões hidrográficas brasileiras podem ser observados no Gráfico 12.5, que permite também observar a relação desses índices com as taxas médias de evapotranspiração anual. Observa-se que todas as taxas se encontram acima dos 50%, o que significa que, pelo menos, a metade do total precipitado não permanece no sistema hídrico terrestre por retornar à atmosfera por meio da evapotranspiração.

Esse gráfico confirma as características dos tipos climáticos anteriormente abordados ao demonstrar que as regiões

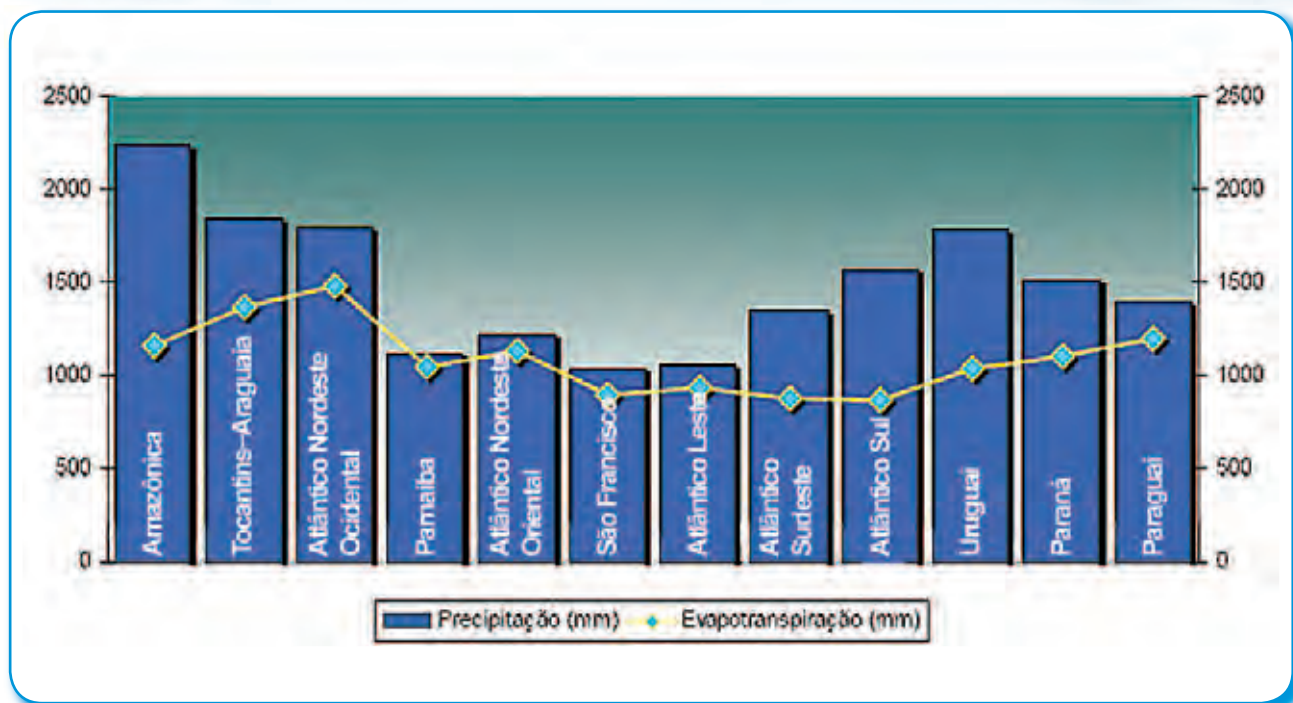


GRÁFICO 12.5 – Precipitação e evapotranspiração (mm) nas regiões hidrográficas brasileiras

Fonte: ANA, 2005a

com menores índices pluviométricos são aquelas situadas nos climas quentes e secos, do tipo semi-árido: Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco e Atlântico Leste, cuja pluviosidade varia de 1.037 mm a 1.218 mm.

Nessas regiões, as taxas de evapotranspiração são elevadas, representando um volume superior a 86% do total precipitado. Tais condições climáticas contribuem para configurar a situação de deficiência hídrica, pois, além dos menores índices de precipitação, a retenção de água é pequena por causa da elevada perda por evapotranspiração.

O maior índice pluviométrico é o da Região Amazônica, que apresenta a menor taxa de evapotranspiração, aspectos que configuram os climas úmidos e os superúmidos, que são favoráveis a uma alta disponibilidade de água no ambiente, conforme informações do sítio eletrônico www.cptec.inpe.br.

As Regiões Hidrográficas Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental e Uruguai também apresentam elevados índices pluviométricos, variáveis entre 1.785 mm e 1.837 mm. Na região do Uruguai, a taxa de evapotranspiração pode ser considerada baixa (58,26%), o que é favorável à manutenção da disponibilidade de água no am-

biente. Já na região Tocantins-Araguaia (74,63%), a taxa de evapotranspiração pode ser considerada média, e no Atlântico Nordeste Ocidental pode ser considerada alta (82,79%), sendo a manutenção da disponibilidade de água no ambiente mediana na primeira e baixa na segunda, diante da elevada perda de água por evaporação.

As Regiões Hidrográficas Paraná, Paraguai, Atlântico Sudeste e Sul apresentam elevados índices pluviométricos médios, variáveis entre 1.349 mm e 1.568 mm. Nessas regiões, as taxas de evapotranspiração são muito variáveis: baixa na região Atlântico Sul (55,23%); média no Atlântico Sudeste (65,38%) e Paraná (72,87%); e alta no Paraguai (85,84%). Diante dessas características climáticas, considera-se que há condições também variáveis para manutenção da disponibilidade de água no ambiente, com menor perda de água no Atlântico Sul e perdas intermediárias no Atlântico Sudeste e no Paraná. O caso do Paraguai é muito peculiar em razão da morfologia do relevo do Pantanal, cuja configuração é favorável à perda de água por evapotranspiração, mas também propicia a acumulação, sendo preponderante, portanto, a manutenção da disponibilidade de água no ambiente graças ao baixo escoamento das águas.

b) Susceptibilidade dos solos à erosão hídrica

As regiões hidrográficas brasileiras foram classificadas em cinco classes de susceptibilidade erosiva dos solos, resultantes da interação entre os fatores clima, modelado do terreno e tipo de solo (IBAMA, 2002). A susceptibilidade natural dos solos à erosão resulta da interação entre as condições climáticas (fator erosividade das chuvas “R”), o tipo de solo (fator erodibilidade do solo “K”) e o modelado do terreno (morfologia e declividade). A erosão é um processo dinâmico natural, responsável pela modelagem da paisagem, mas as atividades antrópicas podem interferir na condição de equilíbrio das encostas e desencadear ou acirrar os fenômenos erosivos.

A presença de cobertura vegetal atenua a energia erosiva do escoamento superficial e permite a infiltração da água nos solos, que irá recarregar os aquíferos e fornecer água aos rios durante o período de estiagem.

As classes de susceptibilidade erosiva muito baixa e baixa englobam tanto os solos de baixadas (hidromórficos ou não) como aqueles de planalto, muito porosos, profundos e bem drenados, ambos localizados em relevos planos. As condições mais favoráveis ao desenvolvimento de processos erosivos, que configuram as classes média, alta e muito alta de susceptibilidade erosiva, reúnem solos comumente arenosos ou com elevada mudança textural em profundidade, bem como aqueles rasos, localizados em relevos dissecados.

Tais resultados indicam que 65% das terras brasileiras se enquadram como de moderada a baixa susceptibilidade à erosão, bem como que todas as classes de susceptibilidade à erosão podem ser encontradas nas diversas regiões hidrográficas brasileiras. Esse número é equivalente à porção de terras brasileiras aptas para o uso agropecuário, com manejos que variam do nível mais primitivo ao mais desenvolvido, no qual o grau de mecanização da atividade produtiva agrícola é maior (IBAMA, 2002).

Há de se ressaltar, no entanto, que a ocupação dos terrenos para fins agropecuários e a prática de desmatamentos nem sempre são efetuadas conforme a susceptibilidade erosiva e a aptidão agrícola dos solos. A ocupação antrópica atinge áreas classificadas como “desfavoráveis” ou “restritas a desfavoráveis” para atividades agropecuárias (IBGE, 2000b).

De modo geral, as regiões hidrográficas apresentam, em menor ou maior extensão, terras classificadas como as

menos aptas para a ocupação agropecuária. As regiões que apresentam menor extensão de terras desfavoráveis para a ocupação agropecuária são as do Paraná, do Uruguai e do Atlântico Sudeste. Apesar disso, a maior parte dessas terras restritas ou desfavoráveis para a ocupação agrícola está ocupada por atividades antrópicas.

Por outro lado, destacam-se pela grande proporção das terras restritas e/ou desfavoráveis para a ocupação agropecuária as regiões: Atlântico Nordeste Ocidental e Oriental, Parnaíba, Paraguai e Tocantins–Araguaia. Ainda que parte dessas terras não tenha sido atingida pela ocupação antrópica, a extensão das áreas antropizadas é especialmente muito grande no Atlântico Nordeste Ocidental.

No Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba e Paraguai, verifica-se que a ocupação antrópica avança sobre as terras restritas ou desfavoráveis para a ocupação agrícola, atingindo suas bordas e partindo eventualmente para os núcleos centrais.

Para o ambiente urbano, o IBGE (2000) informa a ocorrência de problemas de erosão no perímetro urbano em 23,3% dos Municípios, a maioria localizadas nas regiões litorâneas e do Paraná, que são densamente ocupadas. Esses problemas decorrem, principalmente, da susceptibilidade erosiva dos terrenos, da ocupação desordenada, da inadequação dos sistemas de drenagem urbana, do desmatamento, dentre outros.

Independentemente do perfil de ocupação, urbano ou rural, do ponto de vista dos recursos hídricos, a proteção da cobertura vegetal e da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos constitui aspecto decisivo para manutenção de padrões adequados de qualidade da água superficial.

No tocante à cobertura vegetal, a preservação de matas ciliares ao longo dos rios e em torno de nascentes assegura a manutenção da disponibilidade hídrica e das fontes de alimento para a vida aquática. A importância da preservação ou restauração das florestas ao longo dos rios e ao redor de lagos e reservatórios fundamenta-se no amplo espectro de benefícios que esse tipo de vegetação traz ao ecossistema, exercendo função protetora sobre os recursos naturais bióticos e abióticos.



Além da relevância na manutenção da biodiversidade, as florestas situadas às margens dos rios, ao redor de nascentes, lagos e reservatórios desempenham um papel importante na proteção dos recursos hídricos. A vegetação junto aos corpos d'água apresenta as seguintes funções hidrológicas: proteção da zona ripária, filtragem de sedimentos e nutrientes, controle do aporte de nutrientes e de produtos químicos aos cursos d'água, controle da alteração da temperatura do ecossistema aquático e controle da erosão das ribanceiras dos canais.

TABELA 12.6
Classificação dos corpos de água com relação à vazão de retirada e à vazão média

CLASSES	RETIRADA/Q MÉDIA (M ³ /ANO)
Excelente	< 5%
Confortável	5% a 10%
Preocupante	10% a 20%
Crítica	20% a 40%
Muito crítica	> 40%

Fonte: ANA, 2005a

12.3.3.1 Grupo 1 – Excelente

Este grupo agrega aquelas áreas onde a relação entre a demanda e a vazão média acumulada de água superficial é menor que 5%. Essas áreas cobrem cerca de 91% da superfície total do país, compreendendo as seguintes regiões:

- Amazônica;
- Tocantins–Araguaia;
- Parnaíba;
- Paraguai;
- Atlântico Nordeste Ocidental;
- São Francisco;
- Atlântico Leste, em suas Sub-regiões Jequitinhonha e Litoral BA/ES;
- Atlântico Sudeste, nas suas Sub-regiões Doce, Paraíba do Sul e Litoral RJ/SP;


12.3.3 Análise-síntese das regiões hidrográficas brasileiras

Para esta análise, adotou-se como referência a proporção entre a vazão demandada e a vazão média, conforme apresentado no Capítulo 10, realizando-se uma abordagem integrada para a definição de perspectivas e de condicionantes para a utilização sustentável dos recursos hídricos, apresentadas para as 12 regiões hidrográficas, e em alguns casos em um nível maior de detalhe.

Estabelecidas as faixas de análise, as informações sobre a classificação dos corpos de água estão integradas com o clima e a susceptibilidade à erosão dos solos.

- Paraná, nos seus trechos Iguaçu, Paraná RH1, Paranapanema, Grande e Parnaíba, ou seja, com a exceção da Sub-região do Tietê;
- Uruguai, em suas porções Uruguai Alto, Uruguai Médio e Negro RS, ou seja, com exceção da sub-região do Ibicuí;
- Atlântico Sul, em sua porção Litoral SP/PR/SC.

As condições climáticas dessas regiões hidrográficas são muito variáveis, com características pluviométricas que vão do semi-árido (com seis a oito meses secos) ao superúmido (sem mês seco ou com no máximo três meses secos), bem como características térmicas que abrangem dos tipos quentes ao mesotérmico brando, seguindo o gradiente decrescente de temperatura do Equador para o Trópico de Capricórnio. Essa variabilidade reflete as dimensões continentais do país e podem, aparentemente, denotar uma falta de correlação entre a disponibilidade hídrica superficial e o regime termopluiométrico.



Uma análise mais detalhada das condições climáticas regionais permite averiguar, no entanto, que as disponibilidades hídricas mais expressivas estão associadas a climas superúmido, úmido e semi-úmido. Quando a entrada de água pluvial é expressiva e regular ao longo do ano, a tendência é de as vazões fluviais serem maiores em termos absolutos e menos flutuantes entre os períodos de cheia e estiagem. Essas características prevalecem em grande parte do país no norte, no sul e ao longo da maior parte da costa litorânea. Essa situação pode variar, contudo, por dois outros fatores físicos: o tamanho da área de drenagem e a presença ou não de substratos aquíferos.

É graças, pelo menos em parte, a aspectos climáticos, o fato de as regiões hidrográficas com as menores extensões de área, como o Atlântico Sul e o Uruguai, terem vazões mais expressivas que a RH do São Francisco, com área cerca de três vezes maior, mas com influência marcante do clima semi-árido do médio ao baixo curso e de clima semi-úmido no alto curso. Desse modo, a maior disponibilidade hídrica é verificada na região hidrográfica que apresenta maior área de acumulação, maior índice pluviométrico, bem como a menor taxa de evapotranspiração e, por decorrência, a menor flutuação entre as vazões de cheia e de estiagem, ou seja, a Região Hidrográfica Amazônica.

Diante dessas assertivas, há de se ressaltar a particularidade da condição excelente da Região Hidrográfica do Parnaíba. A porção centro-norte dessa região situa-se em clima quente e semi-árido (com seis a oito meses secos), e a porção sul situa-se em clima semi-úmido, com quatro a cinco meses secos. Tais condições lhe conferem a maior taxa de evapotranspiração entre as regiões hidrográficas brasileiras, o que significa elevada perda de água no sistema hidrológico. Neste caso, a explicação mais plausível para sua classificação como excelente na relação demanda-vazão média acumulada se deve mais à baixa demanda (uma das menores do país) e também à contribuição dos aquíferos sedimentares (principalmente Poti-Piauí, Cabeças e Serra Grande) para a manutenção da regularidade das vazões fluviais ao longo do ano.

Ressalta-se inclusive que a amplitude entre as vazões média e de estiagem do Parnaíba é a terceira menor entre as regiões hidrográficas brasileiras, o que é atribuído a fatores hidrogeológicos. Conforme mencionado no Capítulo

10, a bacia sedimentar do Parnaíba é a principal bacia da região Nordeste pela potencialidade da água subterrânea, com área de 600.000 km², ocupando boa parte dos Estados do Piauí e do Maranhão e estando integralmente na ecorregião aquática Maranhão-Piauí.

Do ponto de vista de seu potencial hídrico superficial, as áreas com excelente relação vazão de retirada e vazão média representam mais de 96% da vazão média de longo período do Brasil, ressaltando que somente a Região Amazônica representa 73,6% do total do país. No que diz respeito à demanda, a vazão de retirada destas representam 48,7% do total do país.

Ademais, as áreas deste grupo caracterizam-se pela grande variabilidade espacial das vazões específicas médias superficiais, registrando-se valores que variam de menos de 5 L, como no submédio e no baixo São Francisco, na bacia do Parnaíba e em trechos da bacia do Paraguai, atingindo valores aproximados de 76 L, em trechos próximos às nascentes da Região Hidrográfica Amazônica. Em geral, é possível afirmar que as regiões pertencentes a este grupo, em relação ao restante do país, caracterizam-se por altos rendimentos médios superficiais, pois predominam as vazões específicas superiores a 15 L. Verifica-se, então, uma correlação entre as baixas vazões específicas e os climas semi-áridos.

Na Região Hidrográfica do Paraguai, as baixas vazões específicas não podem ser atribuídas às influências climáticas, mas sim a aspectos geológico-geomorfológicos, visto que o Pantanal representa uma região essencialmente acumuladora da água proveniente do planalto, onde a produção efetiva de água é pequena nessa porção.

Associada às elevadas disponibilidades hídricas superficiais, ressalta-se a ocorrência dos sistemas aquíferos sedimentares, que são os de maiores recargas e reservas exploráveis, responsáveis inclusive por perenizar os cursos fluviais que drenam essas áreas. Trata-se dos sistemas aquíferos denominados de: Solimões, Alter do Chão, Boa Vista, na Região Hidrográfica Amazônica; Barreiras, Corda, na Região Nordeste Ocidental; Bambuí, Urucua-Areado, na Região Hidrográfica São Francisco. Os demais sistemas aquíferos não estão restritos a uma única região hidrográfica, tais como: Ponta Grossa, Guarani, Itapecuru, Furnas, Parecis, Poti-Piauí, Serra Grande, Bauru-Caiuá, Serra Geral e Barreiras, entre outros (ANA, 2005c).

Nem sempre, contudo, a regularização das vazões está associada exclusivamente à presença de sistemas aquíferos, pois, como no caso do submédio e do baixo São Francisco, a disponibilidade hídrica decorre da regularização das vazões pelas barragens destinadas à geração de energia. Esse tipo de regularização é marcante também na Região Hidrográfica do Paraná, que dispõe do maior parque hidroenergético instalado do Brasil.

No que se refere à qualidade das águas superficiais, destaca-se que, em razão da deficiência da rede de monitoramento anteriormente referida, há dados somente para as Regiões Hidrográficas do Paraná, do Paraguai, do São Francisco, do Atlântico Leste, do Sudeste e do Sul, o que dificulta as avaliações sobre a qualidade das águas.

Os dados de IQA disponíveis para essas regiões hidrográficas indicam qualidade da água de aceitável a boa na maior parte dessas regiões. Entretanto, a qualidade da água é ruim, em virtude do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, notadamente no litoral BA/ES, na Região Hidrográfica do Atlântico Leste; no Paraíba do Sul e no Doce, na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste; no alto São Francisco (rio das Velhas); na Região Hidrográfica do Paraná. Esses dados ratificam o entendimento de que, em termos de fontes de poluição hídrica, o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento representa o principal problema observado em todas as regiões hidrográficas brasileiras (ANA, 2005b).

A demanda por recursos hídricos na Região Hidrográfica Amazônica é de 47m³/s, com predominância para o uso urbano, ou seja, o crescimento populacional e o aumento na taxa de urbanização são importantes para o planejamento dos recursos hídricos, em particular em relação ao lançamento de efluentes. O problema de qualidade da água já é sentido, conforme alertado pelo respectivo Caderno de Recursos Hídricos (SRH, 2005), que indica o comprometimento do abastecimento de água causado pela poluição das águas por esgotos domésticos nas proximidades de centros urbanos, mesmo diante da grande capacidade de diluição dos corpos hídricos dessa região.

A ANA destaca ainda nos referidos estudos a presença do mercúrio, provocada pela existência de garimpos na Amazônia e pela desmobilização do mercúrio por causa da


queima da biomassa florestal e da degradação dos solos.

Além dos efeitos decorrentes da ação antrópica, também ocorrem fenômenos naturais que alteram a qualidade das águas superficiais, reduzindo o teor de oxigênio dissolvido, como acontece nas Regiões Hidrográficas do Paraguai e Amazônica, por causa da decomposição da biomassa vegetal que fica submersa nos períodos de cheia.

Do ponto de vista da susceptibilidade erosiva dos solos, essas áreas apresentam também variados graus de propensão ao desenvolvimento desses processos, podendo se observar grande variação, indicando a existência de terras desfavoráveis à ocupação agropecuária. Verifica-se que a ocupação dos terrenos para fins agrícolas e a prática de desmatamentos são realizadas a despeito do grau da susceptibilidade erosiva dos solos, imprimindo-se diversas situações de desconformidade do uso e ocupação do solo com as classes de aptidão agrícola. Esse aspecto é preocupante, tendo em vista o franco processo de expansão das fronteiras agrícolas na porção setentrional do país.

Na Região Hidrográfica Amazônica, predominam áreas de susceptibilidade erosiva alta ou muito alta nos planaltos residuais, principalmente ao leste (Estado do Pará) e no extremo oeste (Estados do Acre e de Rondônia). A despeito dessas restrições, tais áreas estão sendo intensamente ocupadas por atividades agrícolas, associadas ao desmatamento da cobertura vegetal natural. Essas atividades têm avançado por terras que não têm essa aptidão. Nas várzeas do rio Amazonas e de seus afluentes, bem como nos baixos platôs, onde se desenvolvem solos argilosos, profundos e porosos, ocorrem áreas com baixa e muito baixa susceptibilidade à erosão.

O Bioma Amazônico ocupa grande parte da região (78,8%) que conta com oito ecorregiões aquáticas. Entre essas, a Ecorregião Aquática Xingu-Tapajós encontra-se em áreas próximas ao limite inferior da Região Hidrográfica Amazônica, área de transição entre os Biomas Amazônia e Cerrado, inclusive nas que fazem divisa com a Região Hidrográfica do Paraguai, onde aparecem solos com média susceptibilidade à erosão que se encontram intensamente ocupados por atividades agropecuárias.



A Região Hidrográfica do Tocantins–Araguaia é caracterizada por extensa ocupação antrópica, em terrenos classificados como desfavoráveis à atividade agropecuária (média a alta susceptibilidade à erosão) e que se encontram distribuídos de modo irregular em toda a região da seguinte forma:

- Parte norte: áreas de média susceptibilidade, com cobertura vegetal do tipo floresta, ainda são significativas.
- Porção central (entre a cidade de Palmas e a divisa com a região Amazônica): grande área de alta susceptibilidade à erosão, intensamente ocupada pela agropecuária e, em menor representatividade, pela agricultura.
- Parte sul: áreas de média a muito alta susceptibilidade à erosão, sendo utilizadas intensamente para fins agrícolas.
- Cabeceira do rio Taquari e no rio Cuiabá: ocupação antrópica (agropecuária) em terrenos desfavoráveis à agropecuária com reflexo no leito desses rios, que vêm sendo assoreados pela ocupação da agropecuária nas áreas de planalto.

Na junção das Regiões Hidrográficas Tocantins–Araguaia, Paraguai e Amazônica, existe grande área de muito alta susceptibilidade à erosão, com presença de nascentes importantes para o equilíbrio hidrológico dessas Regiões.

Na divisa das Regiões Hidrográficas do Paraguai e do Tocantins–Araguaia, observa-se uma área que requer atenção pela sua alta susceptibilidade à erosão, pois está associada à ocupação por agropecuária (principalmente pastagens nativas) e por agricultura, mesmo sendo imprópria para essas atividades, como as áreas limítrofes com a Região Hidrográfica do Paraná, onde a agricultura e a agropecuária também são intensas.

Na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, há o amplo predomínio de solos de média a alta susceptibilidade à erosão, solos esses também desfavoráveis à atividade agropecuária. Também nesta região a ocupação

antrópica abrange esses solos, configurando situações de desconformidade do uso e ocupação do solo com as classes de aptidão agrícola.

Na Região Hidrográfica do Parnaíba, há extensas porções de terra desfavoráveis à agropecuária, entretanto a ocupação antrópica em geral pode ser verificada nas terras menos restritivas, como segue.

- Parte sul da região: solos de baixa a média susceptibilidade, que se estendem rumo ao norte da região.
- Porção central: solos com média a alta susceptibilidade.
- Faixa ao longo da divisa com a RH Atlântico Nordeste Oriental: verifica-se a presença de cobertura vegetal natural, pastos e florestas.
- Porção mediana ao sul: predominam solos de média a alta susceptibilidade à erosão.
- Porção mediana ao norte: solos de baixa susceptibilidade.
- Área de perímetro irregular nos arredores de Teresina: solos com baixa susceptibilidade à erosão e cobertos por pastos e florestas.

No tocante à susceptibilidade erosiva dos solos na Região Hidrográfica do São Francisco:

- Alto São Francisco: grande porção de terras com alta e muito alta susceptibilidade à erosão. Essas porções estão situadas, sobretudo, ao longo do curso dos afluentes Jequitá e Indaiá, a oeste de Três Marias, caracterizadas por pastagens e matas. Nessa porção, predominam as terras classificadas como desfavoráveis à atividade agropecuária, mas, em sua maioria, exibem expressiva ocupação antrópica. Nesta área, o risco de salinização vai de nulo a baixo, em razão dos solos serem mais profundos, bem drenados e a precipitação pluviométrica ser mais elevada.
- Médio São Francisco: em um dos núcleos de projetos de irrigação, ocorrem manchas com alta e muito alta susceptibilidade à erosão situadas ao longo do

curso principal do rio São Francisco, próximo aos rios Urucuia, Pardo, Verde Grande e Caririnha, em Minas Gerais, onde a ocupação predominante é de pastagens, campos e matas. Na divisa de Minas Gerais com a Bahia, também há uma área com elevada propensão à erosão, onde se localiza outra concentração de projetos de irrigação. Na confluência do rio das Éguas com o rio Formoso, onde são mais comuns pastagens naturais e matas, existem áreas com média susceptibilidade natural à erosão, mas trata-se de terras também desfavoráveis à atividade agropecuária. Na Bahia, essas áreas situam-se nas adjacências dos rios Verde, Parnamirim, Salitre e Vargem. Nesta região, a ocupação comporta área de irrigação, UHE, pastagens e solo exposto.

- Na divisa da Região Hidrográfica do São Francisco com a Região Hidrográfica do Paraná, na bacia do Paranaíba, predominam as terras desfavoráveis à atividade agropecuária.
- Na porção semi-árida do São Francisco, localizada nas regiões do Médio, do Submédio e parte do Baixo São Francisco, há também o risco de salinização, em graus variados de muito alto a médio.

Na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, identifica-se a seguinte ocorrência de solos e tipos de usos:

- Estado do Paraná: áreas de muito alta susceptibilidade à erosão, onde se desenvolvem lavouras temporárias e algumas matas e pastagens plantadas.
- Costa sul dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro e no extremo norte do Espírito Santo: solos com alta susceptibilidade à erosão e preponderância de lavouras permanentes, pastagens naturais, pastagens e florestas plantadas.
- Bacia do rio Doce, no limite com a RH do São Francisco e com a Atlântico Leste: áreas de alta susceptibilidade à erosão.
- Sub-regiões do litoral de São Paulo e do Paraná e bacia do rio Paraíba do Sul: a susceptibilidade erosiva é alta ou muito alta, destacando-se nesta última bacia uma área de terras desfavoráveis à atividade agropecuária.

Soma-se a essa situação a extração intensa de areia do leito e das planícies de inundação dos rios Paraíba do Sul, Muriaé e Guandu, que alteram significativamente trechos dos rios e a qualidade das águas, além de desestabilizar as margens.

Na Região Hidrográfica do Paraná, ocorrem predominantemente solos com susceptibilidade variando de muito baixa a média, associados aos relevos aplainados e aos solos profundos e bem drenados, como os latossolos. Esses solos apresentam-se intensamente ocupados por atividades agrícolas e agropecuárias, justificando a necessidade de cuidados, apesar das condições de baixa susceptibilidade à erosão. No extremo sul da região hidrográfica, na Sub-região do Iguçu, há uma área de alta susceptibilidade ocupada por florestas (nativas e plantadas) e, em menor proporção, por lavouras temporárias e pastagens. Os solos com alta susceptibilidade encontrados na região correspondem, em geral, aos solos com elevado teor de areia, com fraca estruturação, facilmente carreados pela chuva, mesmo em terrenos relativamente planos. Ressalta-se a ocorrência de severos processos erosivos, como, por exemplo, as voçorocas situadas próximo às linhas de drenagem, nos chapadões das divisas entre Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

Na Região Hidrográfica Paraguai, existe uma área de muito alta susceptibilidade à erosão, na divisa com a Região Hidrográfica do Paraná. Nessa área, há intensa atividade antrópica sendo efetuada em terrenos desfavoráveis à agropecuária. Essa atividade avança em direção ao Pantanal, que é inadequado para a atividade agropecuária em função principalmente das inundações periódicas, e contribui para a degradação ambiental dessa ecorregião.

Das Sub-regiões da Região Hidrográfica do Uruguai com condição excelente, o alto curso apresenta área de muito alta susceptibilidade à erosão, desfavorável à prática agropecuária, que é ocupada por lavouras temporárias e florestas. A mudança no manejo dos solos vem reduzindo os impactos da atividade agropecuária sobre os recursos hídricos nesta região. A utilização de técnicas como o plantio direto (plantio diretamente sobre os resíduos da cultura anterior, sem aração, evita a desagregação do solo) protege o solo do impacto das gotas de chuva, e a vegetação atua como barreira física ao escoamento superficial. Dessa forma, aumenta-se a infiltração da água, com redução do escoamento superficial e da perda de solo.

As regiões hidrográficas com maior disponibilidade hídrica, requisito fundamental para as culturas irrigadas, apresentam extensas áreas desfavoráveis à atividade agropecuária. Em face disso, a adoção de práticas conservacionistas torna-se um requisito fundamental para a proteção dos recursos hídricos ante o desenvolvimento de atividades agrícola e agropecuária, que são grandes contribuintes no aporte de sedimentos aos cursos d'água pela extensão que ocupam. As áreas com fragilidades ou maior susceptibilidade à ocupação devem ser consideradas no planejamento e no ordenamento territorial das bacias hidrográficas, de modo que possibilitem a reversão dos problemas de degradação ambiental ou evitem o desencadeamento de futuros focos, afetando a disponibilidade qualitativa e quantitativa de seus recursos hídricos.

12.3.3.2 Grupo 2 – Confortável

Este grupo agrega aquelas áreas onde a relação entre a demanda e a vazão média de água superficial está na faixa de 5% a 10%. Essas áreas cobrem cerca de 4,9% da superfície total do país e compreendem as seguintes regiões hidrográficas:

- Sub-região Hidrográfica de Contas, situada na Região Hidrográfica do Atlântico Leste.
- Sub-região Hidrográfica do Guaíba e do Litoral do Rio Grande do Sul, situadas na Região Hidrográfica do Atlântico Sul.
- Sub-região Hidrográfica do Ibicuí, na Região Hidrográfica do Uruguai.

Do ponto de vista de seu potencial hídrico superficial, essas áreas representam 2,3% da vazão média de longo período e caracterizam-se pela grande variabilidade espacial das vazões específicas médias superficiais, registrando valores entre menos de 5 L/s/km², na Sub-região de Contas, no Atlântico Leste, e 25 L/s/km², nas Sub-regiões do Atlântico Sul e do Uruguai.

Com tais dados, é possível afirmar que essas áreas se caracterizam por rendimentos superficiais pequenos a médios, situados abaixo ou próximos da média nacional (21 L/s/km²). Essa variabilidade apresenta uma correlação direta com os tipos climáticos, pois as menores

vazões específicas são verificadas na Sub-região sob influência de clima semi-árido, e as maiores estão relacionadas ao clima superúmido.

Nas Regiões Hidrográficas Atlântico Sul e Uruguai, ocorre a ampla prevalência do grupo climático mesotérmico brando superúmido, com precipitações regulares ao longo do ano, sendo os totais anuais de 1.568 mm e 1.785 mm, respectivamente. A taxa de evapotranspiração anual pode ser considerada baixa: de 55,23% no Atlântico Sul; e de 58,26% no Uruguai, o que é favorável à manutenção da disponibilidade de água no ambiente.

Contribuem para a disponibilidade hídrica superficial dessas regiões os seguintes sistemas aquíferos sedimentares: Serra Geral e Barreiras, sendo o primeiro restrito ao Atlântico Sul e o último restrito à costa litorânea do Atlântico Leste (ANA, 2005a). Na Sub-região do Ibicuí, na RH Uruguai, não há área de recarga de sistemas aquíferos.

Os dados de IQA disponíveis para essas regiões hidrográficas indicam qualidade da água aceitável a boa, destacando-se que a qualidade da água é ruim por causa do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento na região do Guaíba. Porém, a Sub-região do Litoral do Rio Grande do Sul e a Região Hidrográfica do Uruguai não dispõem de rede de monitoramento de qualidade da água superficial, impossibilitando uma análise mais detalhada.

Com base nas atividades produtivas, pode-se, no entanto, inferir o comprometimento da qualidade das águas da Sub-região do Ibicuí por causa do lançamento de esgotos domésticos in natura pelos centros urbanos, principalmente Uruguiana e Alegrete, de agroquímicos (cultivo de arroz) e atividades de extração de areia e cascalho, atividades que colaboram para o aumento do assoreamento na região e conseqüente degradação da qualidade dos mananciais (ANA, 2005b).

A Sub-região de Contas, no Atlântico Leste, tem interferências de tipos climáticos quentes, que variam do semiárido ao superúmido, com nenhum mês seco. O tipo climático mais úmido ocorre na costa litorânea e segue em gradiente decrescente em direção ao interior, até assumir características semi-áridas, com seis a oito meses secos.

Essa Sub-região apresenta baixa pluviosidade (1.058 mm/ano) e taxa de evapotranspiração elevada, que representa um volume de 88,5% do total precipitado.

Embora tais condições climáticas contribuam para configurar uma temporária situação de deficiência hídrica nos períodos de estiagem, a disponibilidade hídrica dessa Sub-região é regularizada por duas barragens: Pedras e Funil. A Barragem de Pedras, localizada no cinturão semi-árido da bacia do rio de Contas, tem capacidade de acumulação de 1,7 bilhão de metros cúbicos, e sua principal finalidade é o controle de cheias com período de retorno menor ou igual há 25 anos, embora também gere energia elétrica. A Usina do Funil foi construída para a produção de energia elétrica (37 MW), mas vem apresentando um intenso processo de assoreamento, dispondo de 50% do volume original (SRH/OEA, 2005g).

Segundo o Caderno de Recursos Hídricos da RH Atlântico Leste (SRH/OEA, 2005g), a Sub-região do Rio Contas abriga atividades de extrativismo mineral, tendo sido detectada a presença de rádio, urânio e outros isótopos por causa da deposição potencial de resíduos radioativos por mineração de urânio. A principal atividade causadora de impacto nos recursos hídricos na bacia do rio de Contas é a agropecuária (culturas temporárias e semipermanentes, pecuária, horticultura e culturas irrigadas). Tal atividade provoca a erosão dos solos e o assoreamento dos leitos fluviais, agravando os problemas de enchentes que naturalmente ocorrem nessa região.

A Sub-região de Contas no Atlântico Leste apresenta algumas áreas com solos de muito alta e muito baixa susceptibilidade à erosão, sendo a maior parte do território regional marcada por áreas de baixa a média susceptibilidade.

Na Região Atlântico Sul, a Sub-região Litoral do Rio Grande do Sul é constituída por terrenos de baixa a alta susceptibilidade erosiva, havendo porções desfavoráveis para a atividade agropecuária, que estão pouco ocupadas por atividades antrópicas. Os solos são ocupados por pastagens (cultivadas ou nativas), e a agricultura (lavouras temporárias) é exercida na região próxima à Lagoa dos Patos, em solos de alta susceptibilidade à erosão, sendo sua aptidão restrita a desfavorável à atividade agropecuária. Na Sub-região do Guaíba, há uma grande área com susceptibilidade à erosão muito alta, onde existem cultivos permanentes.

No que diz respeito à demanda, a vazão de retirada das três regiões representa 17,5% do total do país.

12.3.3.3 Grupo 3 – Preocupante

Este grupo agrega aquelas áreas onde a relação entre a demanda e a disponibilidade de água superficial está na faixa de 10 a 20%. Essas áreas cobrem cerca de 2% da superfície total do país, compreendendo as seguintes regiões:

- As Sub-regiões Litoral CE/PI, Jaguaribe e Piranhas, na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental.
- A Sub-região do Itapecuru-Paraguaçu, na Região Hidrográfica Atlântico Leste.
- As Sub-regiões Litoral ES, Litoral SP e Litoral RJ, na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste.

As três Sub-regiões têm em comum a proximidade com a costa litorânea e climas quentes, variando de semi-úmidos a superúmidos. Ressalva-se a influência do clima semi-árido nas Regiões Atlântico Nordeste Oriental e Leste, com seis a oito meses secos. Tendo em vista a peculiaridade de sua ocorrência, não se pode deixar de mencionar as áreas localizadas sob influência do clima semi-úmido (quatro a cinco meses secos), bem como do clima mesotérmico brando também semi-úmido pontuando o território semi-árido do Atlântico Nordeste Oriental.

O gradiente de umidade na Região Hidrográfica do Atlântico Leste decresce da costa litorânea em direção ao continente, onde assume características semi-áridas. Esse gradiente varia de tipos superúmido a semiúmido (sem mês seco ou com no máximo cinco meses secos).

Nas Sub-regiões Litorâneas do Atlântico Sudeste, ocorrem os mesmos climas quentes, do tipo úmido a superúmido. Os tipos mesotérmicos brandos semiúmido a superúmido também ocorrem na região e estão associados às altitudes mais elevadas das áreas serranas. Tais relevos funcionam também como barreira física e provocam a ocorrência de chuvas, nesse caso denominadas de chuvas orogênicas.

As diferenças climáticas mais marcantes entre essas regiões são verificadas nos totais pluviométricos, que variam de 1.058 mm no Atlântico Leste a 1.349 mm no Atlântico



Foto: Clarismundo Benfica (Dicão)

Sudeste. Associadas às baixas pluviometrias, encontram-se também as taxas de evapotranspiração elevadas: de 88,5% no Atlântico Leste e de 92,94% no Atlântico Nordeste Oriental. Já na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste essa taxa é de 65,38%.

Do ponto de vista de seu potencial hídrico superficial, as três áreas representam 0,92% da vazão média de longo período do Brasil. Já em termos de demanda, a vazão de retirada deste grupo representa 12,5% do país.

No tocante à produção hídrica, são muito contrastantes as Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental e Leste em relação às Sub-regiões do Atlântico Sudeste. Enquanto nas primeiras as vazões específicas são muito baixas, registrando-se valores menores que 5 L/s/km², nas Sub-regiões Litorâneas do Atlântico Sudeste, os valores de vazão específica encontram-se na faixa de 15,1 a 25 L/s/km². Desse modo, as primeiras subregiões produzem muito pouca água e as Sub-regiões do Sudeste encontram-se na média nacional, ou seja, são boas produtoras de água.

Do ponto de vista das águas subterrâneas, não há sistemas aquíferos relevantes nas Sub-regiões Litoral SP e Litoral RJ. Os sistemas aquíferos ocorrem a partir do Litoral ES, com o Barreira. Esse sistema aquífero se estende para o Atlântico Leste, passando a ser denominado de Barreira AL/SE na Sub-região Itapecuru-Paraguaçu. Nessa Sub-região, são encontrados ainda os sistemas aquíferos São Sebastião e Marizal. Nas Sub-regiões Piranhas, Jaguaribe e Litoral CE/PI, os sistemas aquíferos são denominados de Jandaíra, Açú e Barreiras e também se concentram ao longo da costa litorânea. Afastando-se do litoral, as porções continentais das referidas Sub-regiões também não dispõem de áreas de recarga de água subterrânea para os principais aquíferos brasileiros (ANA, 2005c).

Os dados de IQA disponíveis para essas regiões hidrográficas indicam qualidade da água aceitável a boa na maior parte das três Sub-regiões, notadamente no Litoral SP. Em alguns pontos, a qualidade da água é ruim por causa do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, com registros no Litoral ES (rio Jucu), no

Atlântico Sudeste e no Itapecuru-Paraguaçu (rio Paraguaçu) do Atlântico Leste. Ressalta-se a inexistência de dados de IQA para as Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental e do Litoral RJ, mas o respectivo Caderno Regional de Recursos Hídricos (SRH/OEA 2005e) informa que, no Jaguaribe e em parte do Litoral CE/PI, há contribuição de fontes de poluição de natureza agrícola, associadas aos perímetros de agricultura irrigada, bem como de esgotos domésticos e industriais (têxtil, petroquímica, alimentícia, entre outros). A presença da carcinicultura no ambiente costeiro também constitui fonte de alteração da qualidade da água por causa da utilização de hormônios ao aporte de nutrientes.

Do ponto de vista da susceptibilidade erosiva dos solos, há muita variabilidade. Na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste, a costa sul do Estado de São Paulo e boa parte da costa litorânea do Rio de Janeiro são caracterizadas por solos com alta susceptibilidade à erosão, configurando terras desfavoráveis à atividade agropecuária. A ocupação antrópica é muito concentrada em locais com relevo menos acidentado, ficando preservadas as áreas mais íngremes. A atividade antrópica é definida por lavouras permanentes, pastagens naturais, bem como pastagens e florestas plantadas. Estas Sub-regiões da Região Hidrográfica Atlântico Sudeste possuem elevado contingente populacional concentrado nas áreas litorâneas, o que faz marcante.

Na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, as Sub-regiões em apreço apresentam solos de baixa a média susceptibilidade à erosão nas proximidades da costa litorânea, onde se desenvolvem, intercaladas com o cajueiro, as culturas de algodão, banana, feijão, milho e mandioca em regime de sequeiro; e, em regime irrigado, as de maracujá, limão, melão e melancia. Junto à costa há algumas manchas de terras desfavoráveis à atividade agrícola que se encontram ocupadas. Outras áreas com aptidão regular para a atividade agropecuária não se encontram ocupadas e se estendem até o extremo noroeste do Estado do Ceará. Em direção ao interior, há predominância de solos com alta susceptibilidade erosiva e desfavoráveis à atividade agropecuária.

12.3.3.4 Grupo 4 – Crítica

Este grupo agrega aquelas áreas onde a relação entre a demanda e a vazão média de água superficial está na faixa de 20% a 40%. Essas áreas cobrem cerca de 1,3% da superfície total do país, compreendendo as seguintes regiões:

- A Sub-região Litoral CE/PB, na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental.
- A Sub-região Litoral SE, na Região Hidrográfica Atlântico Leste.
- A Sub-região Tietê, na Região Hidrográfica do Paraná.

As Sub-regiões hidrográficas do Grupo 4 apresentam climas bem distintos. As Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental e Leste apresentam climas quentes, com influência do semi-árido na porção mais continental das Sub-regiões. Assim, a ocorrência de tipos climáticos mais úmidos está associada à costa litorânea, sendo o gradiente de umidade decrescente da costa litorânea em direção ao continente, onde assume características semi-áridas. Esse gradiente varia de tipos superúmido, semi-úmido a semi-árido.

Na Sub-região Litoral CE/PB, no Atlântico Nordeste Oriental, as características climáticas são de tropical úmido, que ocorre no litoral leste em uma faixa de aproximadamente 80 km de largura com temperaturas médias em torno dos 24°C. Seus índices pluviométricos anuais são de 1.000 mm, decaindo no sentido costa-interior, onde atinge 600 mm. No extremo norte do litoral, o clima é semi-árido, com baixa pluviosidade, altas temperaturas e constantes ventos secos, que favorecem a formação de salinas. Nos registros climáticos de Natal, ao longo de 57 anos, constam a ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, totalizando uma pluviosidade média anual de 1.560 mm, temperatura média de 30,3°C e taxa de evapotranspiração real de 1.560 mm, ou seja, 100% da pluviosidade (SRH/OEA, 2005e).

No Litoral SE, predomina o clima tropical semi-úmido a úmido. Nos registros climáticos de Aracaju, no período

de 1961-1990, constam a ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, totalizando uma pluviosidade média anual de 1.595 mm, temperatura média de 26°C e taxa de evapotranspiração real de 1.228 mm, ou seja, 77% da pluviosidade.

Já na Sub-região do Tietê, no Atlântico Sudeste, os tipos climáticos são o subquente úmido e o mesotérmico brando superúmido, que está associado às altitudes mais elevadas das áreas serranas. Nos registros climáticos de São Paulo, no período de 1941-1970, constam a ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, totalizando uma pluviosidade média anual de 1.355 mm, temperatura média de 20°C e taxa de evapotranspiração real de 923 mm, ou seja, 68% da pluviosidade.

As diferenças climáticas mais marcantes entre essas regiões são verificadas, portanto, nas taxas de evapotranspiração, que são mais elevadas em climas quentes e semi-áridos e menores nos climas com temperatura mais baixa (mesotérmico brando ou subquente). A perda de água muito elevada favorece a deficiência hídrica, que pode chegar a corresponder à totalidade do volume precipitado.

Do ponto de vista de seu potencial hídrico superficial, as áreas do Grupo 4 representam cerca de 0,56% da vazão média de longo período do Brasil. No que diz respeito à demanda, a vazão de retirada das regiões integrantes deste Grupo representa 15,7% do total do país.

No tocante à produção hídrica, as Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental e Leste possuem vazões específicas muito baixas, com valores menores que 5 L/s/km². Na Sub-região Tietê da Região Hidrográfica do Paraná, os valores de vazão específica encontram-se na faixa de 10,1 a 15 L/s/km². Desse modo, as primeiras subregiões produzem muito pouca água e a produção do Tietê encontra-se abaixo da média nacional, não chegando, por isso, a ser considerada uma região com boa produção de água.

Do ponto de vista das águas subterrâneas, ressalta-se que a porção montante da Sub-região do Tietê é caracterizada por substrato não-aquífero, mas, no seu baixo curso, apresenta os sistemas aquíferos mais produtivos do país: o Guarani, o Bauru-Caiuá e o Serra Geral. Essa localização não é

favorável ao atendimento das demandas urbanas mais elevadas, que se situam na porção montante da Sub-região.

Os sistemas aquíferos que ocorrem na Sub-região Litoral SE da Região Hidrográfica Atlântico Leste são o São Sebastião, o Marizal e o Barreiras, que se situa na costa litorânea. Na Sub-região Litoral CE/PB, os sistemas aquíferos são denominados de Açú e Barreiras e também se concentram ao longo da costa litorânea. Afastando-se do litoral, as porções continentais das referidas subregiões também não dispõem de áreas com potencial para recarga aquífera (ANA, 2005c).

Os dados de IQA são disponíveis somente para a Sub-região do Tietê, na Região Hidrográfica do Paraná, e para a Sub-região Litoral SE, na Região Hidrográfica Atlântico Leste. Eles indicam para a primeira Sub-região uma qualidade da água aceitável a boa na maior parte de sua extensão, mas, na porção montante, há registros de pontos em que a qualidade da água é ruim e péssima, por causa do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento pelos aglomerados urbanos da Região Metropolitana de São Paulo. Os dados de IQA indicam qualidade da água aceitável a boa na maior parte da Sub-região Litoral SE, porém deve-se destacar a qualidade da água do rio Vazabarris, que é considerada ruim por causa do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento no rio. Ressalta-se a inexistência de dados de IQA para as Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental.

Do ponto de vista da susceptibilidade erosiva dos solos, as áreas do Grupo 4 apresentam diferentes graus, podendo-se observar a presença das classes muito baixas até as mais elevadas.

Na Região Hidrográfica do Paraná, a Sub-região do Tietê é caracterizada por solos com baixa a média susceptibilidade à erosão, configurando, na porção montante, terras restritas à atividade agropecuária, mas a aptidão das terras melhora à medida que se aproxima do baixo curso. A ocupação antrópica é generalizada na Sub-região, que quase não dispõe de remanescentes de vegetação.

Na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, a Sub-região Litoral CE/PB apresenta solos de média a alta

susceptibilidade à erosão, predominando as terras desfavoráveis à atividade agropecuária por causa da fertilidade muito baixa e baixa, do relevo montanhoso e escarpado ou ondulado, dos elevados teores de sódio e dos riscos de salinização dos solos. Apenas uma pequena porção apresentava aptidão para atividade agropecuária. As atividades antrópicas desenvolvem-se aleatoriamente, sem levar em conta a aptidão agrícola dos terrenos, sendo subutilizada a única mancha de terras de boa aptidão.


A Sub-região Litoral SE apresenta solos de média a muito alta susceptibilidade à erosão. É amplo o predomínio de terras desfavoráveis à atividade agropecuária por causa da fertilidade muito baixa, do relevo montanhoso e escarpado e da alta salinidade. Independentemente dessas restrições, as atividades antrópicas desenvolvem-se por todos os terrenos inaptos à atividade agrícola.

12.3.3.5 Grupo 5 – Muito crítica

Este grupo agrega aquelas áreas onde a relação entre a demanda e a vazão média de água superficial está acima de 40%. Essas áreas cobrem menos de um ponto percentual (cerca de 0,9%) da superfície total do país, compreendendo as Sub-regiões Paraíba e Litoral AL/PE/PB, ambas situadas na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental.

As Sub-regiões hidrográficas desse grupo apresentam climas quentes, com influência do semi-árido na porção mais continental das Sub-regiões, mas com ocorrência de tipos climáticos mais úmidos associados à costa litorânea. O gradiente de umidade decresce da costa litorânea, onde há locais sem mês seco, em direção ao continente, onde assume características semi-áridas, no núcleo de semi-aridez do Atlântico Nordeste Oriental, com até 11 meses secos.

Nas Sub-regiões Paraíba e Litoral AL/PE/PB, predomina o clima tropical úmido a superúmido junto à costa litorânea. Nos registros climáticos de Recife, no período de 1961-1990, constam chuvas durante todos os meses do ano, totalizando uma pluviosidade média anual de 2.457 mm, temperatura média de 25,5°C e taxa de evapotranspiração real de 1.286 mm, ou seja, 52% da pluviosidade. Nos registros climáticos de João Pessoa, no mesmo perí-



odo, também há ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, totalizando uma pluviosidade média de 2.130 mm, temperatura média de 25,5°C e taxa de evapotranspiração real de 1.238 mm, ou seja, 58% da pluviosidade (INMET, 2005).

Já no interior, a exemplo dos registros climatológicos de Guaranhos (período de 1961-1990), Município situado na porção oeste da Sub-região Litoral AL/PE/PB, verifica-se clima semi-úmido, com pluviosidade anual de 869 mm, temperatura média de 20,5°C e taxa de evapotranspiração real de 747 mm, ou seja, 86% da pluviosidade. Em Cabaceiras, Município situado na porção oeste da Sub-região Paraíba, os registros climatológicos (período de 1911-1990) mostram a ocorrência de clima semi-árido, com pluviosidade média de 305 mm, temperatura média de 20,5°C e taxa de evapotranspiração real de 305 mm, ou seja, 100% da pluviosidade (INMET e UFCG, 2005).

Do ponto de vista de seu potencial hídrico superficial, as áreas deste grupo representam cerca de 0,08% da vazão média de longo período do Brasil, e no que diz respeito à demanda, a vazão de retirada representa 5,55% do total do país.

No tocante à produção hídrica, as Sub-regiões do Atlântico Nordeste Oriental possuem vazões específicas muito baixas, com valores menores que 5 L/s/km², tratando-se, portanto, de áreas pouco produtoras de água.

Do ponto de vista das águas subterrâneas, os sistemas aquíferos que ocorrem nessas Sub-regiões são o Barreiras e o Beberibe, que se situam junto à costa litorânea.

Afastando-se do litoral, as porções continentais das referidas Sub-regiões também não dispõem de áreas com potencial para recarga aquífera (ANA, 2005c).

Segundo a ANA (2005b), não há dados de IQA disponíveis para a Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, mas a Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Pernambuco, desde 1984, vem monitorando um conjunto básico de parâmetros de análise, sendo as informações complementadas com a determinação de coliformes fecais, conjunto de metais e parâmetros específicos, conforme as características do recurso hídrico.

Na Sub-região Hidrográfica do Paraíba, também há fontes poluidoras que contribuem para alterar a qualidade dos cursos d'água, destacando-se as atividades agrícolas realizadas em perímetros irrigados, principalmente nas subbacias do Taperoá e do alto curso do rio. As fontes poluidoras de origem industrial são mais representativas nas bacias hidrográficas do litoral do Estado, a saber, os rios Gramame, Mambuaba e Mamanguape e seus tributários, também submetidos aos impactos poluidores e às descargas de agrotóxicos das atividades de plantio e industrialização da cana-de-açúcar (açúcar e álcool).

O rio Mussurú, por exemplo, é um dos mais impactados, uma vez que atravessa a Grande João Pessoa e seu distrito industrial, recebendo os efluentes industriais e domésticos e os resíduos sólidos. Na bacia do rio Paraíba, destaca-se a cidade de Campina Grande, com um parque industrial significativo, no qual merece destaque a indústria coureira, de grande potencial de poluição (ANA, 2005b).

Essas Sub-regiões apresentam ainda estuários e manguezais, importantes pela biodiversidade e pela riqueza de espécies de interesse econômico e sociocultural. Tais ecossistemas sofrem pressões antrópicas diversas, desde a ocupação urbana até o lançamento de efluentes sanitários e industriais e o desmatamento.

Do ponto de vista da susceptibilidade erosiva dos solos, essas áreas apresentam situações distintas. Na Sub-região do Litoral AL/PE/PB ocorrem solos com média a muito alta susceptibilidade erosiva, sendo, em sua quase totalidade, áreas compostas por terrenos desfavoráveis às atividades agropecuárias, intensamente ocupadas por atividades antrópicas.

A Sub-região do Paraíba apresenta solos de média susceptibilidade erosiva e uma pequena porção de terras desfavoráveis à atividade agropecuária. Essa porção apresenta solos de fertilidade muito baixa e relevo montanhoso a escarpado, na maior parte ocupados por atividades antrópicas. Na porção montante da Sub-região predominam os solos regulares, e a ocupação não é tão intensa.

12.3.3.6 Considerações finais

A análise-síntese das regiões hidrográficas permite verificar, em primeiro lugar, que as condicionantes climáticas têm papel determinante na disponibilidade hídrica, seja via pluviosidade seja via evapotranspiração.

Em um país marcadamente tropical como o Brasil, o regime pluviométrico apresenta duas estações bem distintas: uma seca e outra chuvosa, ou seja, impõe-se a necessidade de lidar com duas condições opostas em termos de disponibilidade hídrica. A primeira refere-se ao volume concentrado de chuvas no verão (ou inverno, conforme denominação regional), sendo seu efeito mais notável o arraste de solos e sua posterior deposição ao longo dos corpos hídricos, processos naturais conhecidos como erosão hídrica e sedimentação fluvial. Nessa estação ocorrem volumes torrenciais de chuva em pouco tempo, sendo o fenômeno mais preocupante a inundação de áreas ribeirinhas, rurais ou urbanas, que tem conseqüências desastrosas para a população e suas atividades econômicas.

A segunda refere-se à estiagem, que pode ter curta duração, com um a três meses secos, como nos tipos climáticos úmidos; ou ser longa, como no tipo climático semi-árido, que pode ter de seis a onze meses secos. A sazonalidade da precipitação significa, em primeiro lugar, que a vazão média não é representativa da disponibilidade hídrica real ao longo de todo o ano, podendo haver dificuldades temporárias para o atendimento das demandas mesmo em regiões onde há oferta de água satisfatória durante a ocorrência das vazões médias. Em segundo lugar, as flutuações de vazão muito acentuadas entre os períodos de cheia e de estiagem podem requerer a adoção de mecanismos de regularização de vazões, com custos usualmente elevados, para prover a oferta em conformidade com a intensidade da demanda.

O balanço entre demanda e vazão média reafirma a estreita relação entre clima e disponibilidade hídrica ao indicar que as duas Sub-regiões em condições muito críticas se encontram na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, onde é marcante a influência do tipo climático

semiárido. No entanto, a baixa disponibilidade natural de água para atender aos diferentes usos está associada também à conjugação de densidade populacional elevada com vazões específicas baixas.

A situação observada nessa região varia de escassez nas Sub-regiões do Paraíba e Litoral AL/PE/PB (menor que 500 m³/hab./ano); a estresse nas Sub-regiões do Litoral CE/PI, Piranhas e Litoral CE/PB (de 1.000 a 1.700 m³/hab./ano). Como se vê, somente na Sub-região do Jaguaribe a disponibilidade de água está em situação confortável, tendo em mente que o volume considerado satisfatório pela ONU é de 2.500 m³/hab./ano (Figura 12.6).

No restante do país, destacam-se pela baixa disponibilidade de água por habitante: a Sub-região do Tietê, na Região Hidrográfica do Paraná; e a Sub-região do Litoral RJ, na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, ambas em situação de escassez (de 1.000 a 1.700 m³/hab./ano). No caso dessas Sub-regiões, a baixa disponibilidade de água por habitante deve-se à elevada concentração populacional, pois ali se encontram dois aglomerados urbanos considerados parte do conjunto das 17 megacidades do mundo.

Nas áreas muito críticas da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, a estiagem absoluta é responsável por rigorosos déficits hídricos associados às elevadas taxas de evapotranspiração. Em conseqüência, boa parte dos cursos d'água no semi-árido é intermitente, cessando o escoamento dois meses após o final do período chuvoso. Além disso, as tentativas de reserva da água em pequenos açudes são ineficientes, pois perdem água acumulada em razão da infiltração no embasamento cristalino e da insolação, que promove a evaporação. Com quase 3 mil horas de sol por ano, o semi-árido possui uma evapotranspiração potencial maior que a precipitação.

Em se tratando de disponibilidade natural de água por habitante, deve-se abordar também o caso da Região Hidrográfica do Atlântico Leste, pois a Sub-região Litoral SE encontra-se em situação de estresse hídrico, bem como as Sub-regiões do Litoral CE/PB, da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, e a do Tietê, da Região Hidrográfica do Paraná. Do ponto de vista quantitativo,

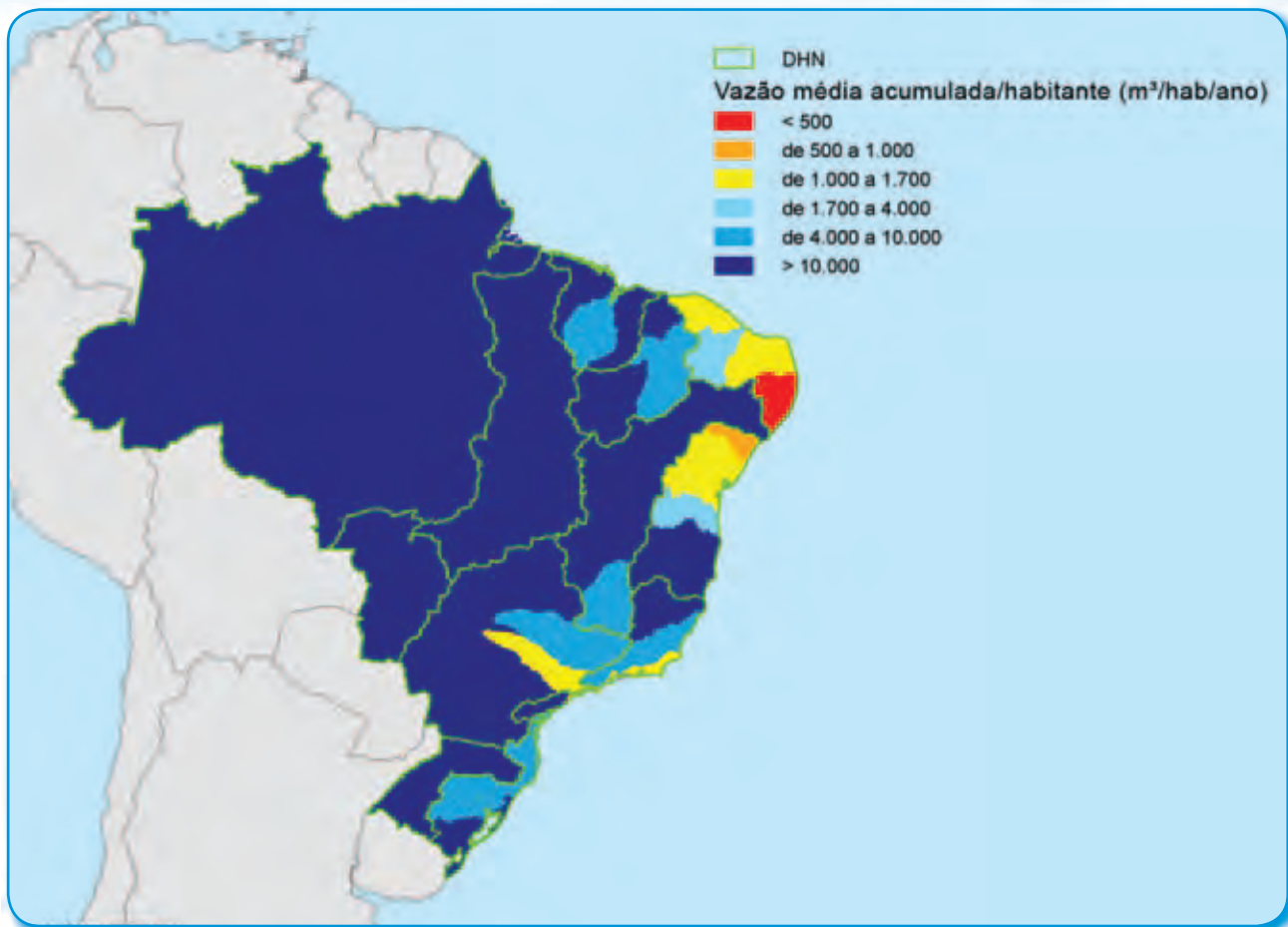



FIGURA 12.6 – Regionalização da razão entre vazão média acumulada e número de habitantes em cada uma das 56 Sub-regiões hidrográficas brasileiras
Fonte: Base de dados SIGPNRH (SRH/MMA) Dados de Demanda Sistema de Informações ANA, 2005

constata-se uma contraposição clara nessas Sub-regiões: a elevada disponibilidade hídrica natural no Tietê ante a baixa disponibilidade hídrica natural nas duas primeiras Sub-regiões. Essa situação denota que a criticidade verificada no Tietê decorre da elevada demanda, tanto para uso doméstico quanto industrial, enquanto nas demais se deve à baixa disponibilidade natural de água com demandas pequenas.

A presença de sistemas aquíferos pode minimizar os efeitos dos baixos índices pluviométricos, pois essa reserva pode reduzir a intensidade da flutuação sazonal das vazões, típica dos países tropicais, efetuando a regularização natural dos cursos fluviais. O caso mais notável é a Região

Hidrográfica do Parnaíba, cuja excelente relação entre demanda e vazão média acumulada reflete, em parte, a amenização dos efeitos climáticos semi-áridos promovida pela presença de importante bacia sedimentar com potencial subterrâneo. Nesse aspecto, deve-se ressaltar que a ausência de sistemas aquíferos na região mais atingida pelo clima semi-árido é um fator que colabora para sua baixa disponibilidade hídrica.

Do ponto de vista da qualidade dos recursos hídricos, a análise-síntese demonstrou o comprometimento da disponibilidade hídrica em muitos cursos d'água brasileiros pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento, que atinge até mesmo mananciais de



abastecimento da população. Esse comprometimento é considerado mais grave quando ocorre em regiões que apresentam baixa disponibilidade hídrica natural, pois demonstra que o parco recurso hídrico tem sido degradado por seus usuários.

Nessas regiões hidrográficas, verifica-se a necessidade de incrementar o tratamento dos efluentes domésticos e industriais responsáveis pelo quadro de poluição existente. O desenvolvimento tecnológico no tratamento dos efluentes deve ser um aliado na busca da melhoria de sua eficiência do ponto de vista sanitário e ambiental, particularmente na expansão da rede de coleta de esgoto sanitário e tratamento.

A relação entre ocupação agropecuária das terras e as características físicas da bacia hidrográfica (solos e relevos) também requer atenção. Verifica-se a ocorrência freqüente de ocupação antrópica em terras inaptas à atividade agropecuária. Dada a extensão das terras ocupadas inadequadamente, os impactos sobre os recursos hídricos são diretos e dependem de reforço nas ações de assistência técnica aos produtores rurais, seja para estimular a otimização do uso em terras aptas, seja para reverter a condição de degradação dos recursos naturais pela ocupação de terras desfavoráveis à prática agrícola.

As regiões hidrográficas com maior disponibilidade hídrica apresentam extensas áreas desfavoráveis para a atividade agropecuária, sendo a adoção de práticas conservacionistas um requisito fundamental para a proteção dos recursos hídricos, sobretudo pela agricultura e pela pecuária. Além disso, as áreas com restrições à ocupação devem ser consideradas no planejamento e no ordenamento territorial das bacias hidrográficas, em articulação com as políticas setoriais, particularmente a política agrícola e de uso e ocupação do solo.

O regime climático semi-árido associado à degradação dos solos favorece o processo de desertificação. Essas áreas podem chegar a perder sua configuração, dificultando e inviabilizando a ocupação humana por causa da ausência de recursos naturais.

A despeito de todas as restrições verificadas em termos de disponibilidade hídrica, o Atlântico Nordeste Oriental é a região que apresenta a terceira maior vazão de retirada do país, ficando atrás apenas das Regiões Hidrográficas do Paraná e do Atlântico Sul. A irrigação é a atividade responsável pelas maiores vazões de retirada e, além de corresponder ao maior uso consuntivo da água, a área irrigada apresentou um aumento de 8% no período entre 1996 e 2000, quando passou de 409.233 ha para 442.994 ha. Estudos recentes da Embrapa/CPTSA indicaram a existência de cerca de 170 unidades edafoclimáticas na região, que apresentam vantagens comparativas no processo produtivo do Semi-árido. Embora tenha sido verificada degradação de parte dos solos agricultados, em especial nas áreas da caatinga, estima-se que, em 2005, cerca de 481.000 ha de solos estejam dominados com sistemas de irrigação (SRH/OEA, 2005e).

Verifica-se, portanto, a necessidade de aprofundar os estudos e os debates sobre o uso da água no semi-árido para que se conheçam as reais possibilidades de sua utilização e os limites para a expansão da agricultura irrigada, considerando os avanços tecnológicos na prática da irrigação.

A estratégia de manejo sustentável dos recursos hídricos no Semi-árido pressupõe a adoção de procedimentos, estruturas e mecanismos que evitem as elevadas perdas de água por evaporação e aumentem a capacidade de reserva da água, como, por exemplo: a captação das águas de chuvas; a construção de barragens subterrâneas e de canais adutores cobertos, sujeitos a perdas menores de evaporação; a construção de aduções em tubulação também sujeitas a menores perdas por evaporação, mesmo considerando o maior investimento inicial implicado nessa solução; a construção de cisternas (Programa Um Milhão de Cisternas, destinado à dessedentação de animais e ao abastecimento doméstico), o incentivo ao plantio de cultivos menos exigentes em água e a utilização de tecnologias mais eficientes na irrigação, dentre outras. Nessas circunstâncias, é preciso que sejam implementadas estratégias de convivência com o Semi-árido, tal como difundido pelo Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (MMA/SRH, 2004).

A Região Hidrográfica do Uruguai corresponde a uma área de atenção especial no tocante ao processo de degradação dos solos, por causa de sua sensibilidade à pressão antrópica. Conforme informa o respectivo Caderno Regional de Recursos Hídricos (SRH/OEA, 2005I), essa área é acometida por eventos de extremas estiagens, que têm tido seu efeito potencializado pela elevada utilização dos recursos hídricos na região hidrográfica, particularmente a irrigação para cultura de arroz. Esses aspectos, somados à baixa capacidade de armazenamento da bacia e à grande profundidade dos mananciais subterrâneos, fazem com que o regime de vazões seja muito dependente do regime de chuvas.

Nessa região, embora predomine o clima temperado subtropical, as estiagens estão relacionadas a um acentuado déficit de umidade nos meses de verão, quando os valores de evapotranspiração superam os de precipitação. A evapotranspiração é fortemente influenciada pela temperatura média mensal e, nos meses de outubro a março, a precipitação média é insuficiente para compensar a evapotranspiração potencial e o escoamento dos cursos de água, sendo necessária a retirada de água do lençol; de abril a setembro, ocorre a adição de água ao lençol freático (SRH/OEA, 2005I).

As inundações que têm afetado às áreas urbanas demonstram ser primordial que os Municípios promovam o adequado ordenamento territorial, bem como implementem a infra-estrutura de drenagem pluvial para minimizar os impactos da urbanização. Dentre esses, destacam-se: a impermeabilização do solo; a aceleração do escoamento superficial em condutos e canais; o aumento da quantidade de água que chega mais rapidamente e ao mesmo tempo no sistema de drenagem, produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pela rede de drenagem natural.

Nesse sentido, percebe-se a importância de ações para minimizar tais situações organizadas e implementadas de acordo com o estágio de ocupação da bacia hidrográfica, incluindo também as áreas rurais. Para tanto, são necessários mecanismos destinados a promover:

- seu armazenamento em reservatórios, de modo que possa ser utilizada para fins menos nobres ou apenas que retarde sua chegada na rede pluvial;
- a infiltração e a percolação da água pluvial, mediante a criação de bacias permeáveis de detenção;
- o aumento da eficiência do escoamento em condutos e canais, incluindo a manutenção sistemática para que não estejam obstruídos por resíduos;
- a retenção da água pluvial em diques e estações de bombeamento.

12.4 Gestão para a sustentabilidade dos recursos hídricos

A implementação da Política de Recursos Hídricos é o caminho para buscar sua sustentabilidade em todas as regiões hidrográficas brasileiras. A análise feita neste capítulo permitiu verificar que cada uma delas tem desafios a enfrentar quando se trata de garantir uma perspectiva satisfatória para o aproveitamento dos recursos hídricos. O Quadro 12.1 sintetiza esses desafios para cada região hidrográfica.

Nesse mérito, deve-se destacar o Estado de Roraima, única Unidade da Federação que ainda não promulgou a referente lei, mas que está encaminhando à Assembléia Legislativa uma proposta para o estabelecimento da Política Estadual de Recursos Hídricos.

Um aspecto merecedor de destaque, por ser imprescindível à implementação da política de recursos hídricos, é a existência de Planos Estaduais de recursos hídricos em seis unidades da Federação do semi-árido nordestino, as quais, tal como o Estado de São Paulo, fazem parte de regiões com uma relação entre demanda e disponibilidade hídrica muito crítica.

Já na Região Hidrográfica Amazônica, por outro lado, é preciso incrementar as ações de planejamento dos recursos hídricos, tendo em vista que é recente a pro-

QUADRO 12.1**Desafios para a gestão dos recursos hídricos nas regiões hidrográficas brasileiras**

REGIÃO HIDROGRÁFICA	DESAFIOS A SEREM SUPERADOS A CURTO E A MÉDIO PRAZOS
Amazônica	Abastecimento doméstico Tratamento dos efluentes domésticos Desmatamento e seus efeitos para a disponibilidade hídrica Compatibilidade entre hidrovia, irrigação e geração de energia Proteção da biodiversidade aquática
Tocantins-Araguaia	Compatibilidade entre hidrovia, irrigação, turismo e geração de energia Proteção da biodiversidade aquática
Paraguai	Compatibilidade entre abastecimento doméstico e irrigação Tratamento dos efluentes domésticos urbanos Proteção da biodiversidade aquática
Atlântico Nordeste Ocidental	Compatibilidade entre abastecimento doméstico e indústrias de base hidro-intensivas Melhora da eficiência dos usos dos recursos hídricos Tratamento dos efluentes domésticos urbanos Proteção da biodiversidade aquática
Parnaíba	Estratégias de convivência com o Semi-árido Tratamento dos efluentes domésticos urbanos Compatibilidade entre abastecimento doméstico e irrigação
Atlântico Nordeste Oriental	Estratégias de convivência com o Semi-árido Aumento da eficiência no uso da água no setor de irrigação Recuperação ambiental de áreas desertificadas Tratamento dos efluentes domésticos urbanos Compatibilidade entre abastecimento doméstico e irrigação
São Francisco	Estratégias de convivência com o Semi-árido Compatibilidade entre geração de energia e irrigação Proteção da biodiversidade aquática Tratamento dos efluentes domésticos e industriais Recuperação ambiental (nascentes, matas ciliares, áreas degradadas)
Atlântico Leste	Estratégias de convivência com o Semi-árido Compatibilidade entre abastecimento doméstico, irrigação e geração de energia Tratamento dos efluentes domésticos e industriais
Atlântico Sudeste	Tratamento dos efluentes domésticos e industriais Melhora da eficiência no consumo da água Compatibilidade entre abastecimento doméstico (mananciais) e mineração Recuperação ambiental (nascentes, matas ciliares, áreas degradadas)
Paraná	Tratamento dos efluentes domésticos e industriais (inclusive de agroindústria – criação de animais) Melhora da eficiência no consumo da água Compatibilidade entre geração de energia e irrigação Proteção da biodiversidade aquática
Atlântico Sul	Melhora da eficiência no consumo da água Compatibilidade entre abastecimento doméstico e irrigação Tratamento dos efluentes domésticos e industriais (inclusive de agroindústria – criação de animais) Proteção da biodiversidade aquática
Uruguai	Estratégias de convivência com secas e inundações Melhora da eficiência no consumo da água Compatibilidade entre abastecimento doméstico e irrigação Tratamento dos efluentes domésticos e industriais (inclusive de agroindústria – criação de animais)

mulgação das leis estaduais de recursos hídricos (a partir de 2001).

Além da implementação dos Planos Estaduais de Recursos Hídricos e dos Planos de Recursos Hídricos para Bacias Hidrográficas, é preciso que sejam implementados também outros instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, mantendo-se presentes os princípios da Lei nº 9.433/97, ou seja, preconizando a descentralização e a participação por meio dos Comitês de Bacia Hidrográfica.

A análise da situação da implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do SINGREH possibilitou identificar os principais desafios para sua implantação. Dentre os desafios está a necessidade de melhor estruturar institucionalmente os entes com atribuições específicas na gestão das águas do país. Entretanto, faz-se necessário nesse processo que soluções criativas sejam implementadas durante o processo de implantação do SINGREH. Entre estas se acena com a possibilidade de, diante da escassez de recursos, priorizar a elaboração de planos específicos para porções de bacias hidrográficas que estejam em situação preocupante ou crítica.

A elaboração e a implementação dos Planos de Recursos Hídricos é uma oportunidade ímpar para a articulação com as políticas setoriais e entre si mesmas, visto que o Brasil ainda não dispõe de um sistema integrado de ordenamento territorial que possibilite uma ação coordenada entre os diversos setores e entre as diferentes esferas de governo. Necessariamente serão mantidas as particularidades dos setores em seus planejamentos, entretanto a gestão dos recursos hídricos apresenta-se como uma alternativa de articulação que tem como aliada a própria fluidez do elemento água.


A integração das políticas públicas é essencial para promover o aproveitamento adequado das águas pelas atuais e pelas futuras gerações. Nesse sentido, ao associar-se o debate sobre a gestão de recursos hídricos com o Estado

de conservação das ecorregiões aquáticas, aponta-se claramente um caminho para acompanhar os avanços em direção à sustentabilidade dos usos que ocorrem nas bacias hidrográficas.

Soma-se a esse aspecto a necessária articulação com alguns dispositivos legais a serem considerados para que o planejamento da Política de Recursos Hídricos contemple aspectos do ordenamento territorial urbano e rural, contribuindo para o alcance da sustentabilidade ambiental:

- Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE) – instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, previsto na Lei nº 6.938 (31/08/1981), para organização do território, deve ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, que estabelecerá medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, os recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.
- Política fundiária – define o Programa Nacional de Reforma Agrária (Lei nº 4.504/1964), a função social da propriedade rural, os princípios, os objetivos, as formas de distribuição de lotes nos programas de colonização e os projetos de assentamento, bem como as diretrizes dos programas de extensão rural ou de crédito, em que é exigida a viabilidade ambiental dos projetos de plantio ou de beneficiamento da produção para que o sucesso e a emancipação dos assentamentos de trabalhadores rurais resguardem as condições do meio ambiente.
- Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (Lei nº 7.661/88) – parte integrante da Política Nacional de Meio Ambiente, visa a orientar a utilização dos recursos da zona costeira, contribuindo para elevar a qualidade de vida de sua população e proteger o patrimônio natural, étnico, histórico e cultural.

- Plano Nacional do Turismo – tem como base estratégica, para o desenvolvimento de suas ações, a construção de uma proposta de transformação produtiva com equidade e capaz de mobilizar a sociedade para um movimento na perspectiva do desenvolvimento sustentável.
- Política Urbana (Lei nº 6.766/1979, alterada pela Lei nº 9.785/1999 (Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001) – disciplina os requisitos urbanísticos mínimos para os projetos de loteamento e desmembramento do solo urbano, que deverão também observar os Planos Diretores Municipais, as leis de zoneamento e os códigos de obras para o acerto de seu partido arquitetônico e aprovação. O Estatuto da Cidade estabelece diretrizes gerais da Política Urbana, fortalecendo a variável ambiental nos processos de planejamento e estabelecendo critérios para a elaboração de planos diretores voltados à ordem pública e ao interesse social, que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança, do bem-estar dos cidadãos e do equilíbrio ambiental.
- Zoneamento industrial das áreas críticas de poluição (Lei nº 6.803/1980) – obrigatoriedade das indústrias de promoverem todas as medidas necessárias para prevenir ou corrigir os efeitos da poluição industrial sobre o meio ambiente, cabendo aos órgãos do poder público determinar, se necessário, a suspensão de seu funcionamento, bem como esquemas de zoneamento urbano para estudos de sua localização.
- Implementação efetiva do processo de zoneamento para a implantação de parques aquícolas, outorga e demais instrumentos autorizativos do uso dos corpos de água com o objetivo de regularizar as atividades de aquíicultura que demandam esse tipo de autorização.
- Utilização dos recursos naturais – vários biomas nacionais, ecorregiões e biorregiões (Pantanal Mato-Grossense, Mata Atlântica, Zona Costeira e Serra do Mar, entre outros) são considerados patrimônio nacional, conforme o artigo 225, § 4º da Constituição Federal. Estão sujeitos, portanto, a regimes jurídicos diferenciados, impondo que sua utilização se faça sob força de lei específica.
- Política Nacional de Proteção à Biodiversidade – Código Florestal (Lei nº 4.771/1965 e suas alterações), Códigos de Proteção à Fauna e à Flora, Snuc (Sistema Nacional de unidades de conservação, Lei nº 9.985/2000), dentre outros, que estabelecem os critérios para preservação permanente de florestas e demais formas de vegetação natural, da fauna silvestre e estabelece critérios e normas para a criação, a implantação e a gestão das unidades de conservação.
- A importância desses instrumentos de gestão ambiental em busca do desenvolvimento sustentável constitui relevantes capítulos da Agenda 21, que compreende extenso repertório programático referencial para os países e seus governos. Sua meta maior é preparar o mundo para os desafios do presente século, mediante propositura de ações e políticas públicas participativas e descentralizadas, buscando harmonizar o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental para garantir a continuidade da vida na Terra na plenitude de sua biodiversidade e qualidade de vida de seus habitantes.
- A ocorrência de possíveis conflitos entre setores usuários de recursos hídricos, como a pesca artesanal, o turismo e outros, e a atividade de aquíicultura podem ser evitados mediante ações de planejamento efetivadas pelo poder público. Observa-se que o ordenamento da atividade pode permitir à aquíicultura desempenhar seu papel de geração de alimento, emprego e renda para o país com sustentabilidade social, ambiental e econômica. Dessa forma, a observância dos métodos de zoneamento específicos para a implantação de parques aquícolas (parques de produção) poderão servirão como instrumento orientador das ações de fomento e balizar o desenvolvimento sustentável dessa crescente atividade.



É por esse motivo que se destaca, no âmbito da implementação da Agenda 21 e dos instrumentos acima descritos, que a efetividade da gestão institucional de recursos hídricos requer a necessária articulação entre as ações e as políticas setoriais a cargo dos diversos órgãos e entidades públicas federais, de modo que sejam obtidas, além de uma economia de esforços e otimização de custos, a sinergia e a compatibilização indispensáveis entre a Política Nacional de Recursos Hídricos e as demais políticas públicas específicas, tais como a Política Nacional de Saneamento, a Política Nacional de Irrigação e a de Resíduos Sólidos.

Por fim, é preciso considerar que a presente análise sobre as regiões hidrográficas em uma escala nacional, de cunho estratégico, se inspirou na dinâmica do ciclo hidrológico para procurar compreender como está sendo utilizada a água da chuva, a fonte de todo o recurso hídrico que sustenta todas as formas de vida no planeta. Para tanto, foram selecionadas algumas variáveis que atuam como condicionantes do aproveitamento dos recursos hídricos, tendo em conta a disponibilidade de dados para estabelecer, com a maior objetividade possível, as análises correlativas necessárias.

Nessa escala de análise, os dados utilizados traduzem mais características genéricas, pautando-se, na maioria das vezes, em valores médios, que representem melhor o todo, embora as partes possam ser mais bem compre-

endidas com o foco crescente no espaço das unidades hidrográficas. Sempre que possível, procurou-se mostrar ou ressaltar as principais variações espaciais e temporais existentes entre as 12 regiões hidrográficas ou no interior das próprias regiões hidrográficas. Os estudos regionais ou estaduais poderão aprimorar o conhecimento sobre suas particularidades hídricas para orientar a gestão dos espaços hidrográficos sob sua responsabilidade institucional.

Tendo sempre como objeto de análise a disponibilidade de água para atender às demandas da sociedade brasileira, procurou-se avaliar a interação da ação humana com as variáveis físicas e bióticas com o intuito de compreender o grau de interferência no ciclo hidrológico e, por decorrência, na qualidade e na quantidade de água. Na perspectiva da sustentabilidade dos recursos hídricos, o corolário da presente análise é que a disponibilidade hídrica que temos é o bom uso que fazemos da água que dispomos: a água que cai do céu, como uma bênção divina.

Sob o enfoque demonstrado pela análise síntese das regiões hidrográficas, a perspectiva de aproveitamento sustentável da água no Brasil está, de certo modo, atrelada às mudanças climáticas globais decorrentes do efeito estufa, tendo em vista a possibilidade de intensificação dos dois principais eventos hidrológicos críticos: as secas e as enchentes.





Foto: Eduardo Junqueira Santos



REFERÊNCIAS



REFERÊNCIAS

ABELL, R.; THIEME, M.; DINERSTEIN, E.; OLSON, D. **A source for conducting biological assessments and developing biodiversity visions for ecoregion conservation.** Washington: World Wildlife Fund, v. 2, 2002,

AGUIAR, R. B.; CORDEIRO, W. Monitoramento/Gestão de água subterrânea em microáreas estratégicas da região metropolitana de Fortaleza. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Florianópolis: Abas, v. 12, 2002.

AGUILAR, E.; LÓPEZ, F.; FLORES, N.; MORGAN, L. Apoyo para políticas y estrategias de manejo integrado de recursos hídricos en América Central. **Informe Técnico.** División de Medio Ambiente, Departamento de Programas Sociales y Desarrollo Sostenible. Washington: BID, 1999.

ANA. **Aproveitamento do potencial hidráulico para geração de energia.** Estudo técnico. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, 2005(e).

_____. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil.** Estudo técnico. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, 2005(a).

_____. **Diagnóstico da outorga de direito e uso dos recursos hídricos no país: diretrizes e prioridades.** Estudo técnico. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, 2005(h).

_____. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Estudo técnico. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, 2005(c).

_____. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.** Estudo técnico. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, 2005b.

_____. **Panorama do enquadramento dos corpos de água.** Estudo técnico. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, 2005(d).

ANA/GEF/PNUMA/OEA. **Implementação de práticas de gerenciamento integrado do Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai.** Relatório final. Brasília, 2004.

_____. **Planejamento ecorregional do Pantanal. Subprojeto 2.3.TNC do Brasil.** Brasília, 2004(a).

ARAÚJO, V. C. **A conceituação de governabilidade e governança, da sua relação entre si e com o conjunto da reforma do estado e do seu aparelho.** Brasília: ENAP, 2002.

ASSIS, L. F. S.; MACEDO, A. T. **Nota técnica sobre a gestão ambiental.** Belo Horizonte, 2000.

AYRES, J. M. et al. **Corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil.** Belém: Sociedade Civil Mimirauá, 2005.

BAILEY, R. G. **Suggested hierarchy of criteria for multi scale ecosystem mapping. landscape and urban planning.** Amsterdã, n. 14, 1987.

BARBOSA, F. A. R.; PAULA, J. A. de; MONTE-MÓR, R. L. de M. **Biodiversidade, população e economia: uma região de Mata Atlântica.** Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar; PADCT, 1997.

BARTH, F.T. Evolução nos aspectos institucionais e no gerenciamento de recursos hídricos. In: FREITAS, M. A. V. **O estado das águas no Brasil – 1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos.** Brasília: Aneel, 1999.

_____. Modelo para gerenciamento de recursos hídricos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras, 1987.

CAMPAGNOLI, F.; GALVÃO, W. S.; AZEVEDO JÚNIOR, F. N.; SOUZA, A. L.; VIDA, L. R. Mapa de produção de sedimentos do Brasil. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, Vitória, 2004.

CANALI, G. **Recursos hídricos e sociedade:** um novo contexto de atuação profissional. Brasília: Ed. Brasília, 2002.

CANALI, G. V. Descentralização e subsidiaridade na gestão de recursos hídricos – uma avaliação de sua recente evolução em face da Lei nº 9.433/1997. In: FREITAS, V. P. (Coord.). **Direito ambiental em evolução.** Curitiba, 2002(a).

CARVALHO, R. S. **A cobrança pelo uso da água:** uma abordagem desse instrumento de gestão de recursos hídricos. Belo Horizonte, 2003. 171 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública. Concentração: Gestão Econômica) – Escola de Governo, Fundação João Pinheiro.

_____. Breve Discussão sobre o Tema Gestão de Recursos Hídricos e Pacto Federativo. In: VII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. São Luiz: ABRH, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/srh/index.cfm>.

CAVALCANTE, I. N.; VERÍSSIMO, L. S.; REBOUÇAS, A. C. Aspectos qualitativos das águas subterrâneas na região metropolitana de Fortaleza – CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. São Paulo: Abas, v. 10, 1998.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **Desenvolvimento metodológico**

para modelo de gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas. Estudo de caso: Bacia do Rio Verde Grande. Belo Horizonte, v. 1, 1996.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo – 2002.** São Paulo: Sema, 2003. (Série Relatórios)

MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL. Consejo Hídrico Federal. **Principios rectoros de política hídrica de la república Argentina:** fundamentos del acuerdo federal del Agua. Buenos Aires, 2003.

COATES, D. **Protected areas and inland aquatic ecosystems:** biodiversity issues for consideration in the planning, establishment and management of protected area sites and networks. United Kingdom: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, CBD Technical Series, n. 15, 2004.

COELHO, M. F. C. D. **Propostas para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos no país.** Primeira revisão. Brasília: Ama, 2005.

COIMBRA, R.; ROCHA, C. L.; BEEKMAN, G. B. **Recursos hídricos:** conceitos, desafios e capacitação. Brasília: Aneel, 1999.

CORDEIRO NETTO, O. M.; NEVES, M. J. M. **Avaliação de efetividade dos planos de recursos hídricos desenvolvidos no Brasil.** Brasília, 2003.

COSTA, A. B.; LOBO, E. A.; KIRST, A.; SOARES, J.; GOTTENBERG, C. H. Estudo comparativo da concentração de flúor, pH e condutividade elétrica da água subterrânea dos municípios de Santa Cruz do Sul, Venâncio Aires e Vera Cruz – RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Cuiabá: Abas, v. 13, 2004.

DIEGUES, A. C. S. **Povos e águas:** inventário de áreas úmidas brasileiras. São Paulo: USP/NUPAUB, 2002.

DIEGUES, A. C. S.; ARRUDA, R. S. V. **Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil**. São Paulo: NUPAUB-USP, 2001.

DINERSTEIN, E.; OLSON, D. M.; GRAHAM, D. J.; WEBSTER, A. L.; PRIMM, S. A. **A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean**. Washington: The World Bank, 1995.

DOUROJEANNI, A. C.; CHILE, S. Análisis de la situación de la creación de entidades de cuencas en América Latina. Versión ampliada y corregida del artículo: Si sabemos tanto sobre que hacer em materia de gestión integrada del agua y de cuencas. Por qué no lo podemos hacer? In: SEMINÁRIO GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS: TEORIA Y PRÁTICA. México, jul. 2004.

ECONOMIA E CONJUNTURA. Rio de Janeiro, v. 5, n. 62, 2005.

FAO. **The state of food an agriculture: 2000**. Lessons from the past 50 Years. Roma, 2000.

FERES, J.; THOMAS, A.; REYNAUD, A.; MOTTA, R. S. **Demanda por água e custo de controle da poluição hídrica nas indústrias da bacia do Rio Paraíba do Sul**. Texto para discussão. Rio de Janeiro: Ipea, n. 1084, 2005.

FRAXE, T. J. P. **Homens anfíbios: etnografia de um cam-pesinato das águas**. São Paulo: Anabume, 2000.

FRISCHTAK, C. R. O mercado internacional e as estratégias de crescimento no Brasil. In: FÓRUM NACIONAL, ESTUDOS E PESQUISAS, 16., 2004. Rio de Janeiro: INAE, 2004, n. 62.

GALVÃO, R. S. P. P. Competência legislativa dos entes federados atinente ao gás natural. **Jus Navegandi**, artigo 9, n. 540. Teresina, 2004. Disponível em: <http://jus2.uol.com.br/doutrina>

GANEM, R. S. **Corredores ecológicos: estudo da con-sultoria legislativa da área XI – Meio ambiente e direito**

ambiental, organização territorial e desenvolvimento urbano. Brasília, 2005.

GIACCARIA, B.; HEIDE, A. **Xavanté (Auwe Uptabi: povo autêntico)**. São Paulo: Dom Bosco, 1972.

GOMES, A. M. **O imaginário social da seca e suas implicações para a mudança social**. Recife: Massanga-na, 1998.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces**. São Paulo: Atlas, 2001.

GROSS, T.; JONSTON, S.; BARBER, C. V. **A convenção sobre diversidade biológica: entendendo e influenciando o processo**. Brasília: MMA/SBF/UNU/IEA, 2005.

GENERAL WATER PARTNERSHIP. **Propostas para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2005.

HIGGINS, J. V., BRYER, M. T., KHOURY, M. L.; FIT-ZHUGH, T. W. A freshwater classification approach for biodiversity conservation planning. **Conservation Biology**, v. 19, p. 432-445, 2005.

IBAMA. **Geo Brasil 2002: perspectivas do meio ambien-te no Brasil**. Brasília, 2002.

_____. **Ecosistemas brasileiros**. Brasília: Ibama, 2006.

_____. **Planejamento biorregional**. Brasília: Ibama, 1997. (Série Meio Ambiente em Debate)

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. (1: 5.000.000). Rio de Janeiro, 2004(a).

_____. **Mapa de vegetação do Brasil**. (1: 5.000.000). Rio de Janeiro, 2004(b).

_____. **Pesquisa de informações básicas municipais**. Brasília, 2002.

_____. **Pesquisa nacional de saneamento básico.** Brasília, 2000.

_____. **Síntese de indicadores sociais.** Rio de Janeiro, 2004.

_____. **Uma análise dos indígenas com base nos resultados da amostra do censo demográficos – 1991-2000.** Rio de Janeiro, 2005.

PESQUISA ECONOMICA APLICADA - IPEA. **Inovação e competitividade: o que diz a pesquisa.** Brasília, 2005.

JUNK, W. J. Tropical/subtropical wetland biodiversity: status of knowledge, threats and sustainable management. Environmental Monitoring of Tropical and Subtropical Wetlands. In: CONFERENCE IN MANU. Botswana, v. 1, 2003.

KANASHIRO, M. **Seca e poder.** São Paulo, 1998. Entrevista com Celso Furtado.

LOBATO, F. J. C. **Estratégia para a gestão dos recursos hídricos no Brasil: áreas de Cooperação com o BIRD.** Brasília, 2003. (Séries Águas Brasil)

LOBO, E. A.; COSTA, A. B.; KIRST, A. qualidade das águas subterrâneas, em relação à concentração de íons fluoretos, na região dos Vales do Rio Pardo e Rio Taquari – RS. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: Abas/AHLSUD, v. 11, 2000.

MACHADO, P. A. L. **Direito ambiental brasileiro.** 9. ed., rev., atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2001.

MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S.; RAMOS NETO, M. B.; RODRIGUES, F. H. G.; HASS, A.; AQUINO, F. G. **Atlas de conservação da natureza brasileira: Unidades Federais.** São Paulo: Metalivros, 2004.

MARGULIS, S. et al. **A gestão da qualidade da água: inserção de temas ambientais na agenda do setor hídrico.** Brasília: BM, 2002.

MARTINS NETTO, J. P. G.; DINIZ, H. N.; JOROSKI, R.; OKAMOTO, F. S.; FRANÇA, V. C.; TANAKA, S. E.; SILVA, V. H. A. A ocorrência de fluoreto na água de poços da região metropolitana de São Paulo e novas tecnologias para sua remoção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Cuiabá: Abas, v. 13, 2004.

MATTIOLI, R. L. **Subsídios jurídico-legais para a elaboração do plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas.** Belo Horizonte: IGAM, 2004.

MELATTI, J. C. **Populações indígenas.** Brasília: UnB, 2004, (Série Antropologia, n. 345)

MELO, J. G.; QUEIROZ, J. A.; HUNZIKER, J. Mecanismos e fontes de contaminação das águas subterrâneas de natal/RN por nitrato. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. São Paulo: Abas, v. 10, 1998.

MENDES, E. A. A.; NAKANDAKARE, K. C.; SOUZA, M. A.; FERNANDES, A. M. P.; SILVEIRA, E. L.; FELTRIN, J.; GUARDA, M. J. Mananciais subterrâneos no estado do Paraná. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Florianópolis: Abas, v. 12, 2002.

MENDONÇA, M. C. **Legislação de recursos hídricos: compilação, organização e comentários.** Belo Horizonte: IGAM, 2002.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente: doutrina e jurisprudência.** Glossário. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2004.

MILLER, K. R. **Planejamento biorregional.** Série Meio Ambiente em Debate. Brasília: Ibama, 1997.

MME. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Perspectivas do meio ambiente do Brasil: uso do subsolo.** Brasília: Serviço Geológico do Brasil. 2002.

MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros.** Brasília, 2002.

_____. **Os saberes tradicionais e a biodiversidade no Brasil.** Brasília, 2001.

_____. **Sistema nacional de unidades de conservação.** Brasília, 2000.

MMA. Secretaria de Recursos Hídricos. **Avaliação das águas do Brasil.** Documento técnico. Brasília, 2002.

_____. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** PAN-Brasil. Brasília, 2004.

MMA. Secretaria de Recursos Hídricos. Agência Nacional de Águas. **Documento base de referência do plano nacional de recursos hídricos.** Brasília, 2005.

MMA. Secretaria de Recursos Hídricos. Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Minuta do caderno setorial de recursos hídricos: setor agropecuário e recursos hídricos.** Relatório Técnico. Brasília 2005b.

_____. **Minuta do caderno setorial de recursos hídricos: setor de indústria e turismo e recursos hídricos.** Relatório Técnico. Brasília, 2005(a).

_____. **Minuta do caderno setorial de recursos hídricos: Setor de saneamento ambiental e recursos hídricos.** Relatório Técnico. Brasília, 2005(c).

MMA. Secretaria de Recursos Hídricos. Fundação Getúlio Vargas. **Plano nacional de recursos hídricos.** Documento técnico. Brasília, 1998.

MMA. Secretaria de Recursos Hídricos. Organização dos Estados Americanos. **Acompanhamento e avaliação do**

processo de implementação do SINGREH. Relatório técnico. Brasília, 2004.

_____. **Análise comparativa entre a formação e funcionamento dos órgãos colegiados do SINGREH.** Programa de Estruturação Institucional para a Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Relatório Parcial. Brasília, 2003.

_____. **Consolidação dos estudos elaborados, análise dos resultados e indicação da continuidade do monitoramento da política nacional de recursos hídricos.** Relatório final. Brasília, 2005.

_____. **Definição dos limites de abrangência do escopo do plano nacional de recursos hídricos.** Relatório técnico. Brasília, 2005(m).

_____. **Minuta do caderno regional de recursos hídricos: região hidrográfica Nordeste Oriental.** Relatório técnico. Brasília, 2005(e).

_____. **Minuta do caderno regional de recursos hídricos: região hidrográfica Atlântico Leste.** Relatório técnico. Brasília, 2005(g).

_____. **Minuta do caderno regional de recursos hídricos: região hidrográfica do Uruguai.** Relatório técnico. Brasília, 2005(l).

MULLER, I. I.; KRUGER, C. M.; KAVISKI. Análise da estacionariedade de seres hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 4, 1998.

NEVES, M. J. M. **Efetividade dos planos de recursos hídricos: uma análise dos casos no Brasil após 1990.** Brasília, 2004. 216 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília.

NEVES, Z. **Navegantes da integração: os remeiros do rio São Francisco.** Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1988.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; DAMICO, J. A.; ITOUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMO-REUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R. Terrestrial ecoregions of the worlds: a new map of life on earth. **Bioscience**, Washington, v. 51, 2001.

PEÑA, H.; SOLANES, M. **La gobernabilidad del agua en las Américas**: uma tarefa inconclusa. México, 2002. Documento apresentado ao Foro del agua para las Américas em el Siglo XXI.

PEREIRA, D. S. P.; ALVES, R. F. F. **Diagnóstico evolutivo dos recursos hídricos no Brasil. Evolução e panorama atual**: desafios, estratégias e experiências. Brasília: AMA, 2005.

POMPEU, C. T. **Águas doces no direito brasileiro. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. REBOUÇAS, A. da C. et al. Organização e coordenação científica de Instituto de Estudos Avançados da USP e Academia Brasileira de Ciências. São Paulo, 1999.

_____. As águas e o sistema federativo brasileiro. **Revista Observatório das Águas**. Brasília, 2002. Edição de Lançamento

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Texto consolidado até Emenda nº 48 de 10 de agosto de 2005. 5. ed., rev., ampl. e atual. à luz da Reforma do Judiciário. Brasília, 2005.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regula o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

PR/CRE. **Plano diretor da reforma do aparelho do estado**. Brasília, 1995.

PR/SPOC. Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. In: **Projeto Áridas, GT II – Recursos Hídricos**. Versão preliminar. Brasília, 1994.

QUEIROZ, E. T. Diagnóstico de águas minerais e potáveis de mesa no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Cuiabá: Abas, v. 13, 2004.

RAMOS, S. M. F. G. **Avaliação ambiental estratégica no planejamento do setor elétrico**. Brasília, 2005. Monografia (Especialização defendida no CDS/UnB) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB.

REBOUÇAS, A. 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. 2. ed. rev. e amp. São Paulo: Escrituras, 2002.

_____. Potencialidades dos aquíferos do nordeste do Brasil. In: ENC. NAC. PERF. POÇOS/IV SIMP. HIDROGEOLOGIA NORDESTE, 12., 2001. **Anais...** Recife, 2001.

RIBEIRO, D. **O povo brasileiro**: a evolução e o sentido do Brasil. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

RODRIGUES, A. D. Sobre as línguas indígenas e sua pesquisa no Brasil. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 57, n. 2, 2005.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**. Belo Horizonte, v. 1, n. 1, 2005.

SAHAGIAN, D.; MELACK, J. **Global wetland distribution and functional characterization**: trace gases and the hydrologic cycle. Report from the Joint

GAIM, BAHC, IGBPDIS, LUCC Workshop. Santa Bárbara, 1998.

SANTOS, G. M.; SANTOS, A. C. M. **Sustentabilidade dapesca na Amazônia**: estudos avançados. São Paulo: USP, v. 19, n. 54, 2005.

SHIKLOMANOV, I. World fresh water resources. GLEICK, P. H. (Ed.). **Water in Crisis**. A Guide to the World's Fresh Water Resources. Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security. Stockholm: Stockholm Environmental Institute, 1998.

SILVA JÚNIOR, G. C.; LOWSBY, M. G.; ALVES, M. G.; FERRUCIO, P. L.; MONTEIRO, A. C.; ALMEIDA, R. R. A problemática da intrusão marinha nos aquíferos costeiros do leste fluminense: um estudo de caso – a região oceânica de Niterói. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Fortaleza: Abas/AHLSUD/IAH, v. 1, 2000.

SILVA, M. F. B.; NICOLETTI, A.; ROCCA, A. C. C.; CASARINI, D. C. P. Uso e qualidade das águas subterrâneas para abastecimento público no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. São Paulo: Abas, v. 10, 1998,

TOCKNER, K.; STANFORD, J. A. Riverine flood plains: Present state and future trends. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 29, n. 3, 2002.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. **Análise dos estudos hidrológicos da reavaliação do potencial hidronegético de Itaipu**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas/ UFRGS e Itaipu Binacional. 36 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Universidade, ABRH, 1993.

USGS. **Ecoregions, reference conditions, and index calibration**. United States Geological Service, 2005.

VELLOSO, J. P. R. O Brasil e a economia do conhecimento: o modelo do tripé e o ambiente institucional. In: XVII FÓRUM NACIONAL, CHINA E ÍNDIA COMO DESAFIO E EXEMPLO E A REAÇÃO DO BRASIL PARA CIMA. Rio de Janeiro, maio, 2005.

WORLD BANK. A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin American the Caribbean. Washington, 1995.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na política nacional de recursos hídricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Florianópolis: Abas, v. 12, 2002.

SÍTIOS CONSULTADOS

<http://www.ana.gov.br>

www.cptec.inpe.br

http://www.comitepcj.sp.gov.br/CT-PB/PERH-Rel1-Sintese_Capitulo-03.pdf

<http://cnrh-srh.gov.br>

<http://conserveonline.org/coldocs/2001/03/Arpafi~1.doc>

<http://www.mct.gov.br/fontes/fundos>

<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/estudos.htm>

<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas/representatividade.htm>

<http://www.inmet.gov.br>

<http://www.socioambiental.org>

<http://jus2.uol.com.br/doutrina>

<http://www.agricultura.gov.br>

<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br>

http://www.ramsar.org/index_list.htm

<http://www.mma.gov.br/port/srh>

<http://www.icb.ufmg.br/~beds/arquivos/consecosis.pdf>


<http://www.ufcg.edu.br>

<http://water.usgs.gov/wicp/appendixes/AppendF.html>



Foto: Governo do Maranhão/Márcio Vasconcelos



A photograph of a pond with a pink lotus flower in bloom, surrounded by green lily pads and a red lotus seed pod. The water is dark and reflects the surrounding greenery.

Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente
SGAN 601 – Lote 1 – Edifício Sede da Codevasf – 4º andar
70.830-901 – Brasília-DF
Telefones (61) 4009 1291/1292 – Fax (61) 4009 1820
www.mma.gov.br – srh@mma.gov.br
<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br> – pnrh@mma.gov.br



DÉCADA BRASILEIRA
DA ÁGUA
2005-2015



Ministério do
Meio Ambiente

