

XXXV Reunião da Câmara Técnica do Plano Nacional de Recursos Hídricos

ESTUDO TÉCNICO

DISPONIBILIDADE E DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS NO PAÍS

João Gilberto Lotufo Conejo – Coordenação Geral
Superintendente de Planejamento de Recursos Hídricos

Bolivar Antunes Matos – Coordenação Executiva

Alexandre Lima de F. Teixeira
Carlos Alexandre Principe Pires
Fernando Roberto de Oliveira
João Augusto Burnett
José Luiz Gomes Zoby
Marcos Airton de Sousa Freitas

COLABORADORES

Fernando A. Damacena
Guilherme B. Correa
Moema Versiani Acselrad
Rafael Carneiro Di Bello

BRASÍLIA
31 DE MARÇO DE 2005



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

CONTEÚDO DO ESTUDO

- 1. DIVISÃO HIDROGRÁFICA NACIONAL**
- 2. ÁGUAS SUPERFICIAIS**
- 3. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**
- 4. DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS**
- 5. OUTORGAS DE DIREITO DE USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS**
- 6. BALANÇO ENTRE DISPONIBILIDADE E DEMANDA**
 - Águas superficiais**
 - Águas subterrâneas**
- 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

REGIÕES HIDROGRÁFICAS

Região

Amazônica

Tocantins

Atl. NE Ocidental

Parnaíba

Atl. NE Oriental

São Francisco

Atl. Leste

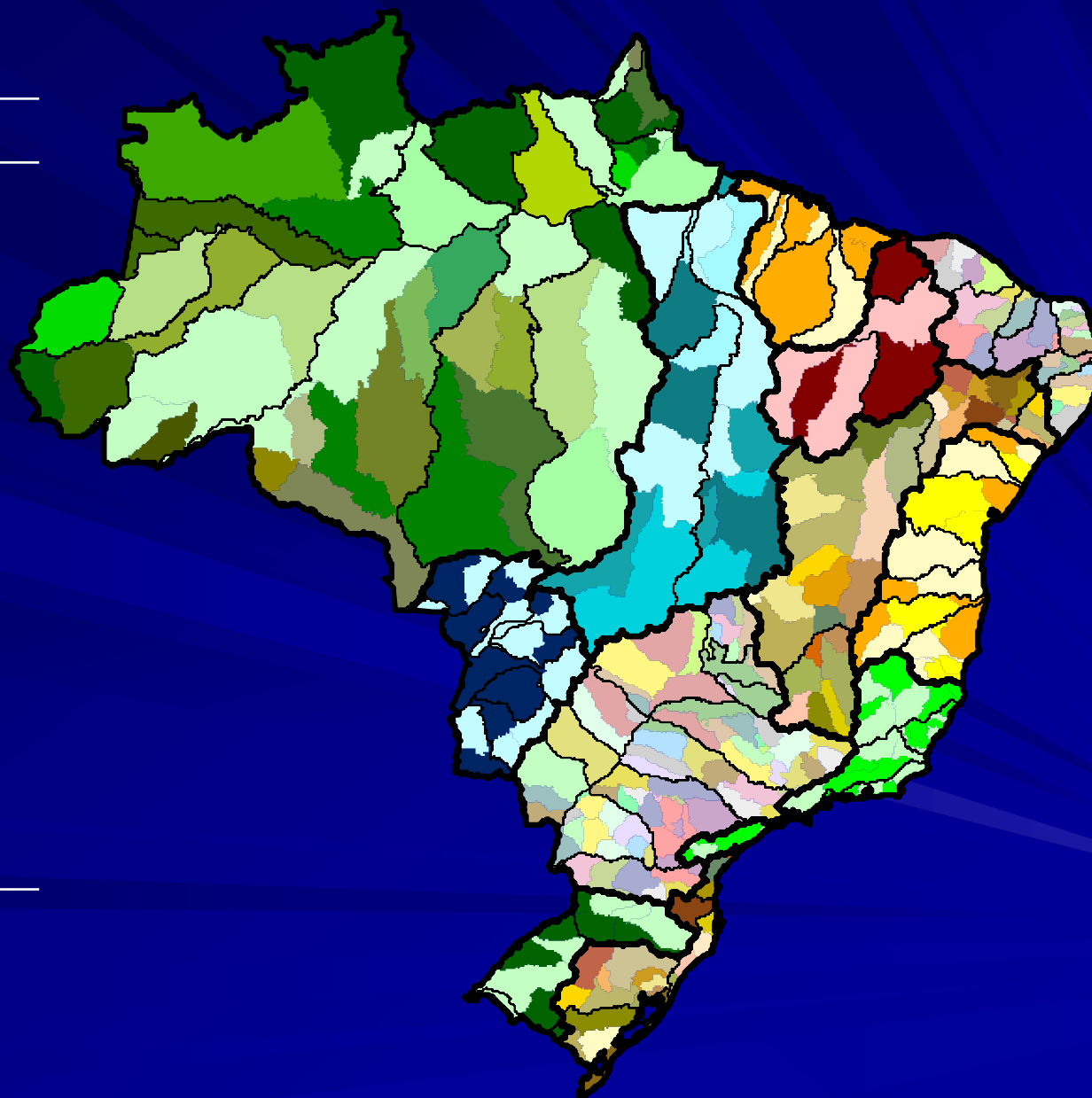
Atl. Sudeste

Atl. Sul

Uruguai

Paraná

Paraguai





ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

ÁGUAS SUPERFICIAIS

- **Precipitação;**
- **Vazões naturais (média e de estiagem) - aquela que seria originada na bacia hidrográfica se não houvesse qualquer interferência humana como usos consuntivos, derivações, regularizações, importações e exportações de água;**
- **Vazões regularizadas com 100% de garantia;**
- **Disponibilidade hídrica - 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 onde não existe regularização, a disponibilidade hídrica foi considerada como igual à vazão de estiagem.**



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

PRECIPITAÇÃO

Metodologia adotada:

- Normais de Precipitação Total (Instituto Nacional de Meteorologia – INMET);
- 204 estações;
- Para estimativa da precipitação média anual nas regiões hidrográficas, sub-regiões, unidades hidrográficas de referência e sistemas aquíferos, foi realizada a integração das isoietas na área de cada uma destas unidades.

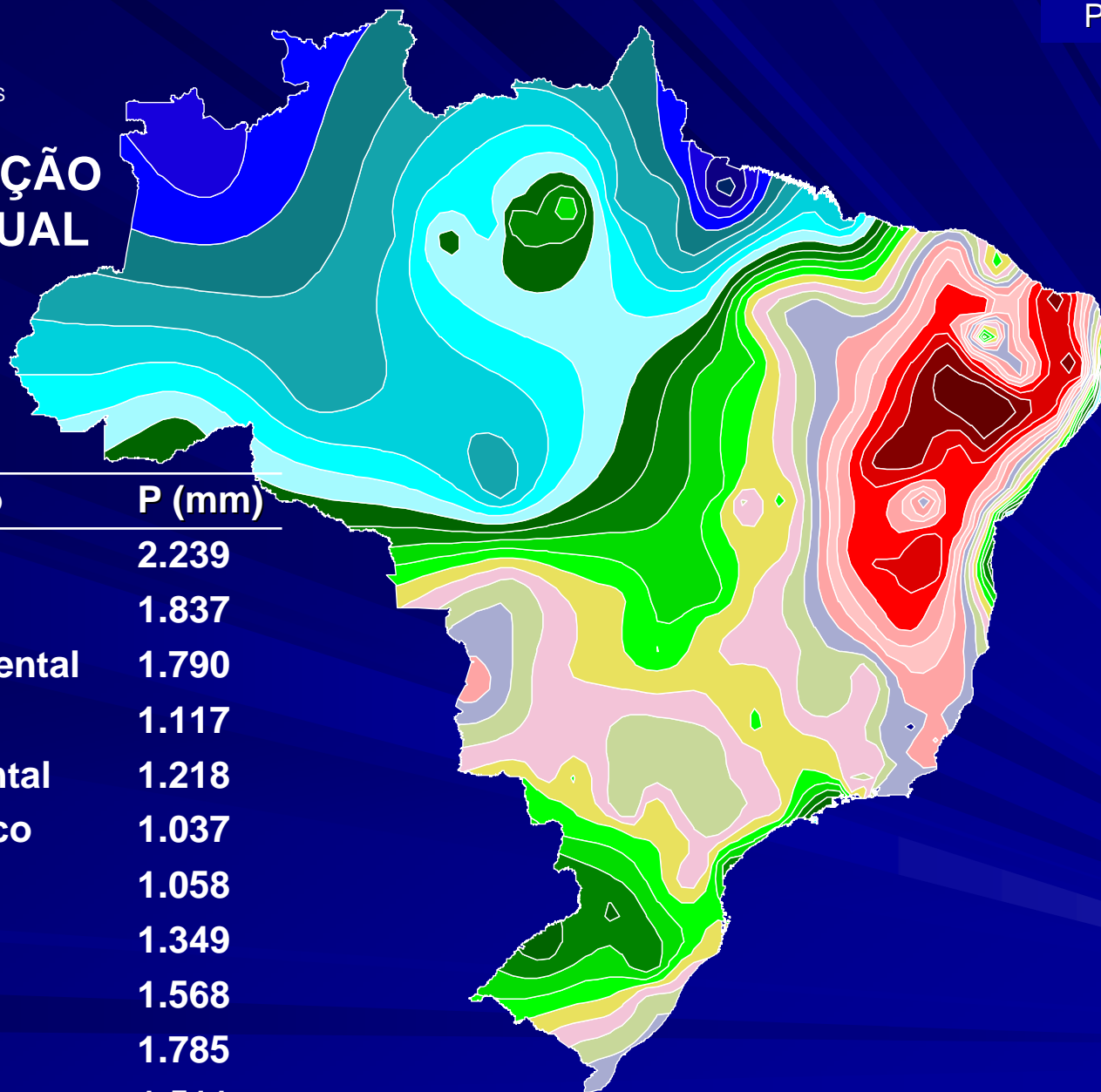


ANA

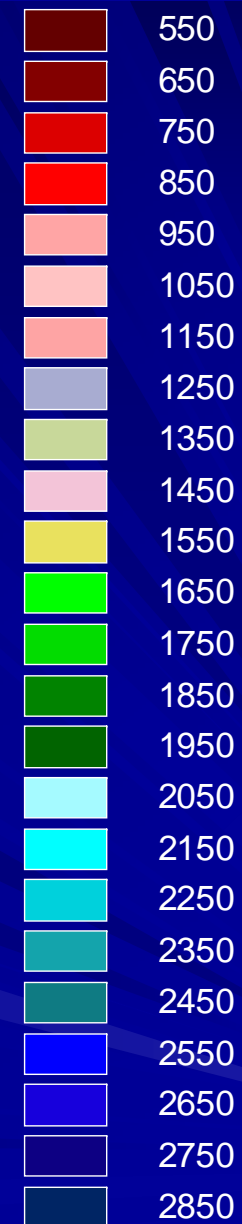
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL

Região	P (mm)
Amazônica	2.239
Tocantins	1.837
Atl. NE Ocidental	1.790
Parnaíba	1.117
Atl. NE Oriental	1.218
São Francisco	1.037
Atl. Leste	1.058
Atl. Sudeste	1.349
Atl. Sul	1.568
Uruguai	1.785
Paraná	1.511
Paraguai	1.398
Brasil	1.797



Precipitação (mm)





ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

VAZÕES NATURAIS (MÉDIAS E DE ESTIAGEM)

Metodologia adotada:

- Tocantins/Araguaia, São Francisco e Paraná - Baseada nos resultados do projeto intitulado “Revisão das séries de vazões naturais nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional” (ONS 2003).
- Demais regiões - registros das estações fluviométricas que são de responsabilidade da Agência Nacional de Águas - HIDROWEB (www.ana.gov.br)



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Contribuição média anual das regiões em km³

Brasil:
5.660 km³ (12%)

**Brasil +
Territ. Estrang:**
8.427 km³ (18%)

Mundo:
44 mil km³





ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

VAZÕES MÉDIAS E DE ESTIAGEM

Região	Área (km ²)	Vazão (m ³ /s)	
		Média	Estiagem (Q ₉₅)
Amazônica	3.869.953	131.947	73.748
Tocantins	921.921	13.624	2.550
Atl. NE Ocidental	274.301	2.683	328
Parnaíba	333.056	763	294
Atl. NE Oriental	286.802	779	32
São Francisco	638.576	2.850	854
Atl. Leste	388.160	1.492	253
Atl. Sudeste	214.629	3.179	989
Atl. Sul	187.522	4.174	624
Uruguai	174.533	4.121	391
Paraná	879.873	11.453	4.647
Paraguai	363.446	2.368	785
Brasil	8.532.772	179.433*	85.495

* 267 mil m³/s, com a contribuição em território estrangeiro.



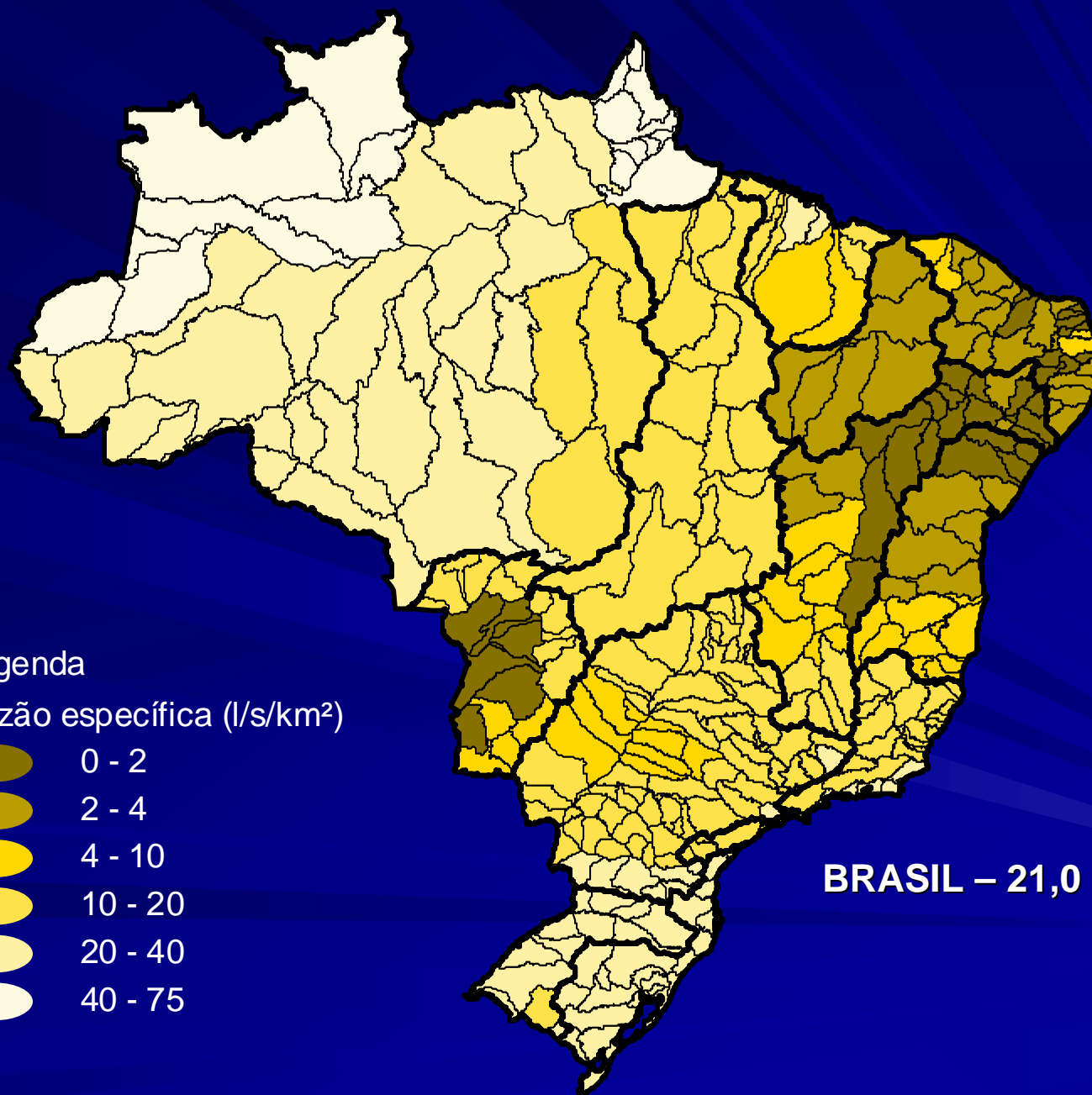
ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

VAZÃO ESPECÍFICA

Legenda

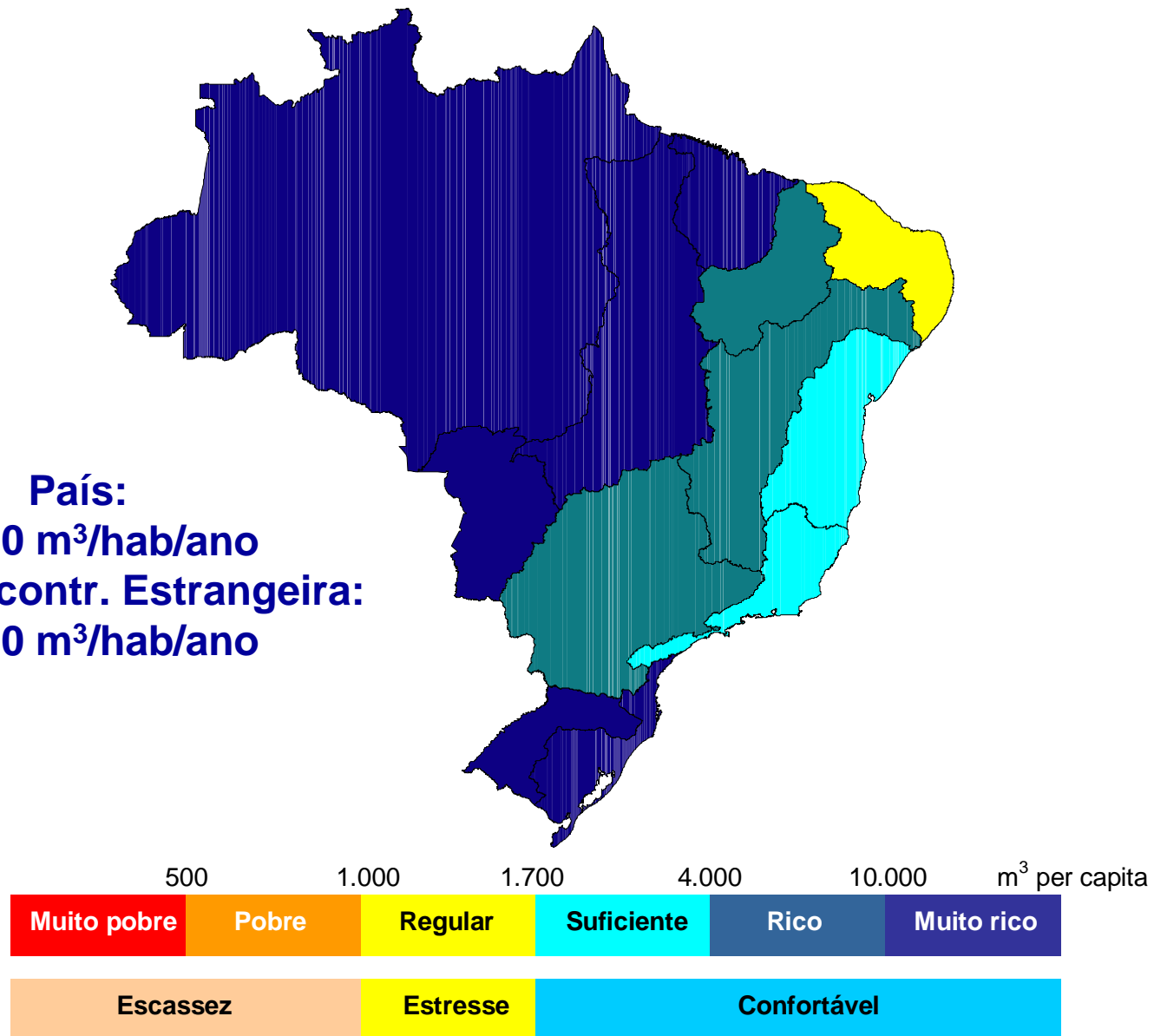
Vazão específica (l/s/km²)



BRASIL – 21,0 l/s/km²

VAZÃO MÉDIA POR HABITANTE NO BRASIL

País:
33.000 m³/hab/ano
País mais contr. Estrangeira:
49.000 m³/hab/ano



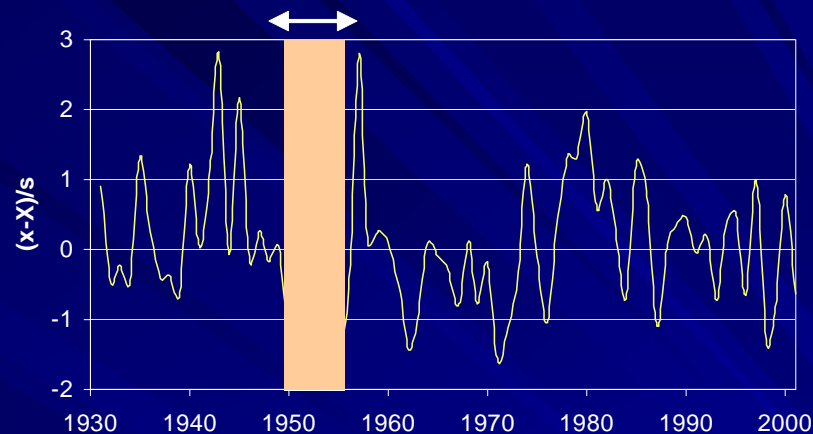


ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Série normalizada de vazões naturais, entre 1931 e 2001

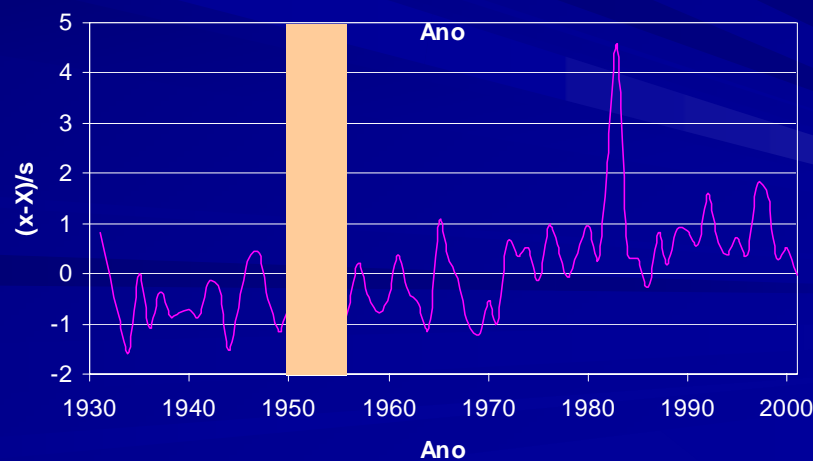
Rio Tocantins,
em Tucuruí



Rio São Francisco,
em Xingó



Rio Paraná,
em Itaipu





ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Critérios adotados:

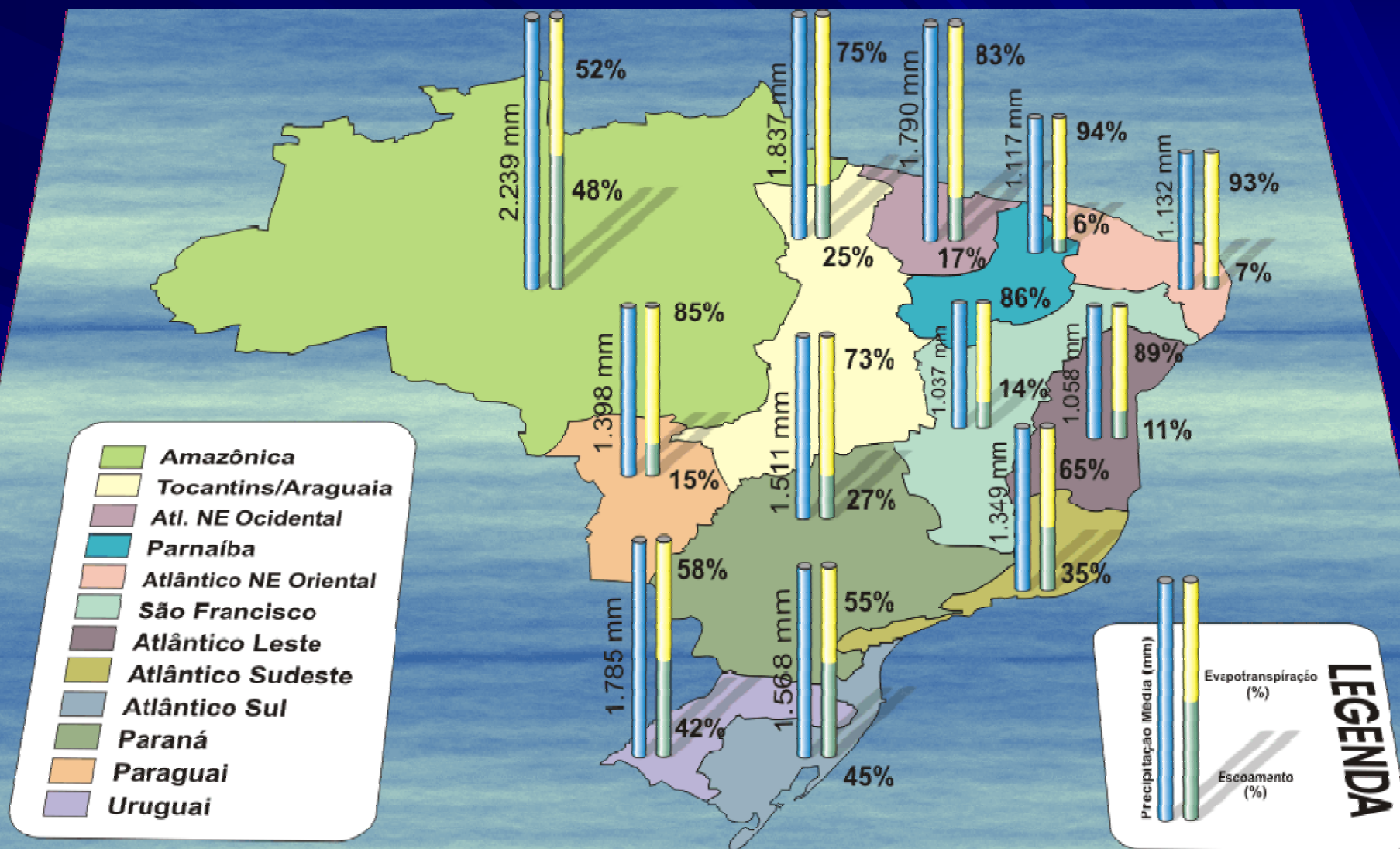
- Calculada através do balanço hídrico simplificado: $ETr = P$ (Precipitação) – Q (escoamento)



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

BALANÇO HÍDRICO





ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

VAZÕES REGULARIZADAS

Metodologia adotada:

- O balanço hídrico dos principais reservatórios em operação no país e integrantes do Sistema Interligado Nacional (SIN);
- Vazão regularizada para que não ocorressem falhas, ou seja, com uma garantia de 100%;
- Planos Diretores – vazões regularizadas pelos principais açudes do Nordeste;
- Modelo para alocação de água em sistemas complexos de recursos hídricos (AcquaNet), Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Trechos de rios regularizados considerados no estudo

76 reservatórios no país





ANA

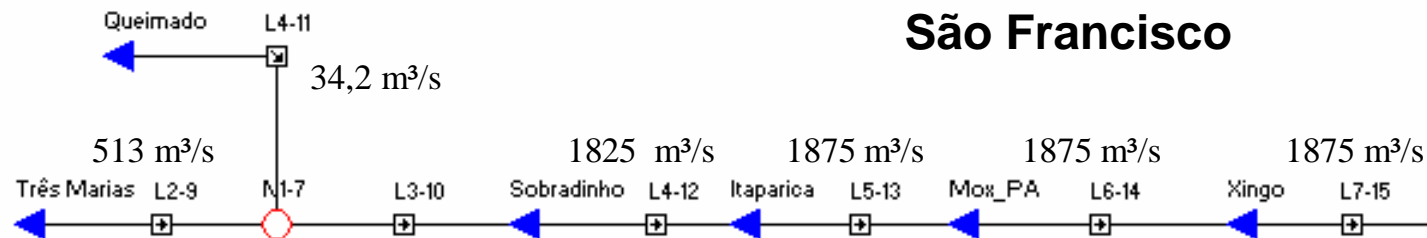
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Vazões regularizadas (100% de garantia) pelos principais aproveitamentos hidrelétricos

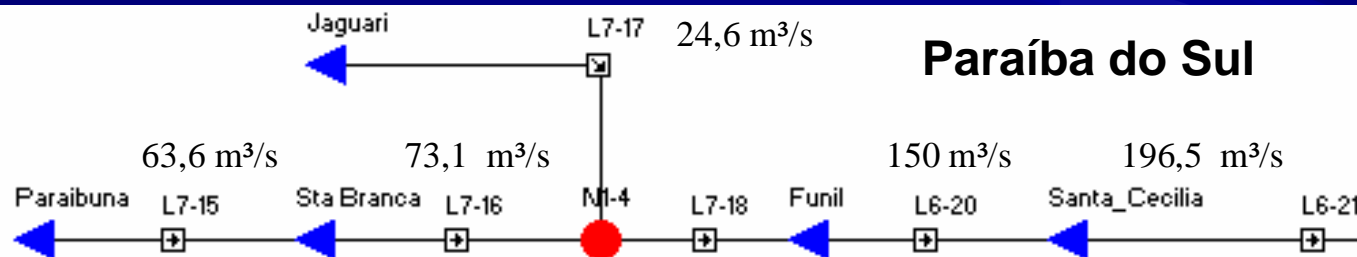
Tocantins



São Francisco



Paraíba do Sul



Saída da simulação do Modelo Acquanet



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Águas subterrâneas

Metodologia adotada:

- **Base cartográfica**

Mapa Geológico do Brasil – CPRM 2001 (escala 1:2.500.000)

- **Definição dos principais sistemas aquíferos**

Critérios: extensão, produtividade dos poços e uso

- **Produtividade dos poços**

Banco de dado de poços – SIAGAS (CPRM)

- **Disponibilidade hídrica subterrânea**

Precipitação média nas áreas de recarga: Normais INMET 1961-1990

Disponibilidade: 20 % da reserva renovável ou reguladora

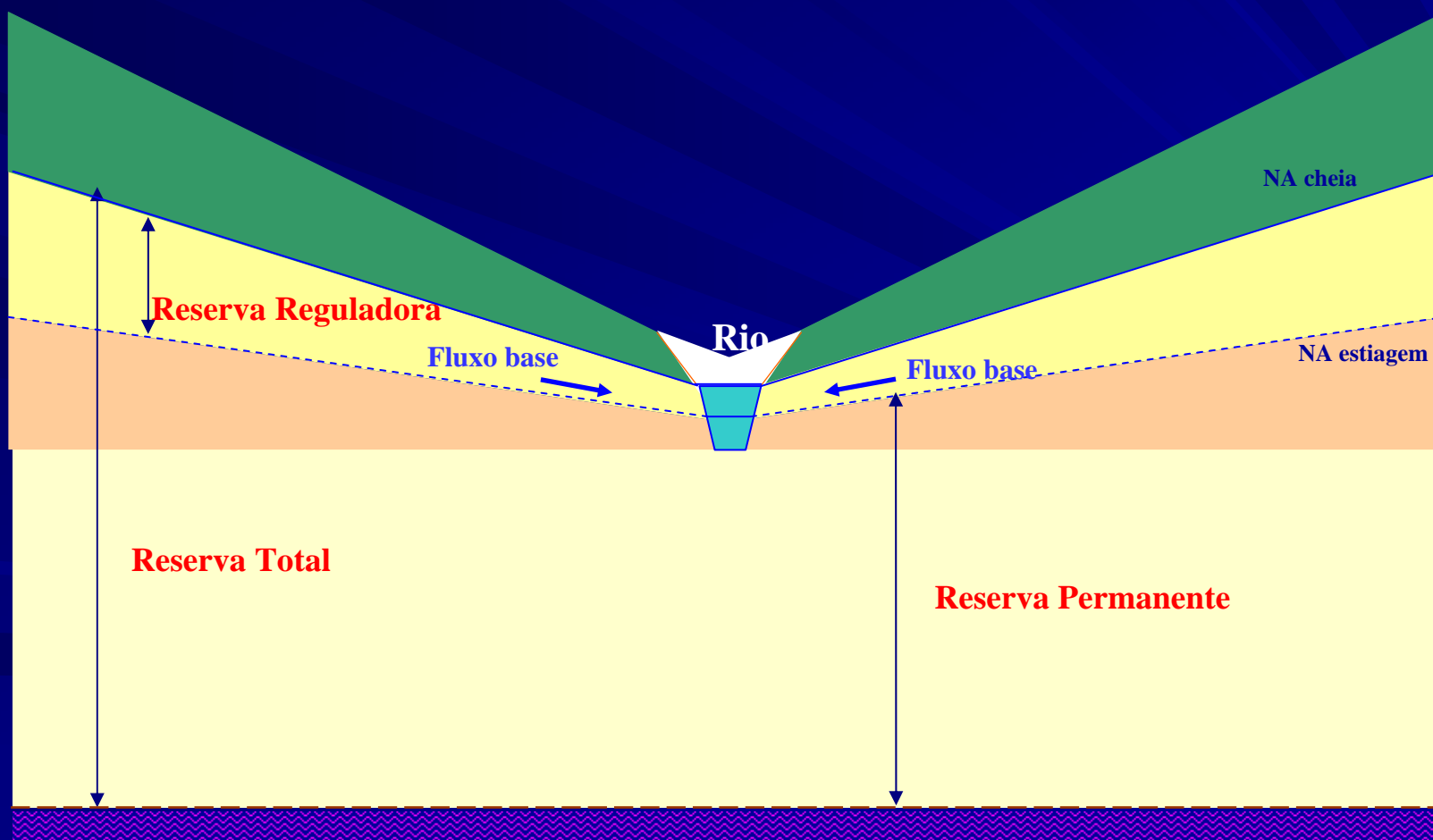


ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Disponibilidade Hídrica Subterrânea

- **Reserva Reguladora:** escoamento de base do rio;
- **Disponibilidade hídrica:** 20% das reservas reguladoras.





ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Conceitos importantes

■ Domínios Aqüíferos:

- **Poroso:** água está contida entre os grãos que compõem a rocha (porosidade primária);
- **Fraturado-Cárstico:** água está associada à presença de descontinuidades na rocha, responsáveis por uma porosidade secundária (falhas, fraturas, diáclases e feições de dissolução).

■ Sistemas Aqüíferos:

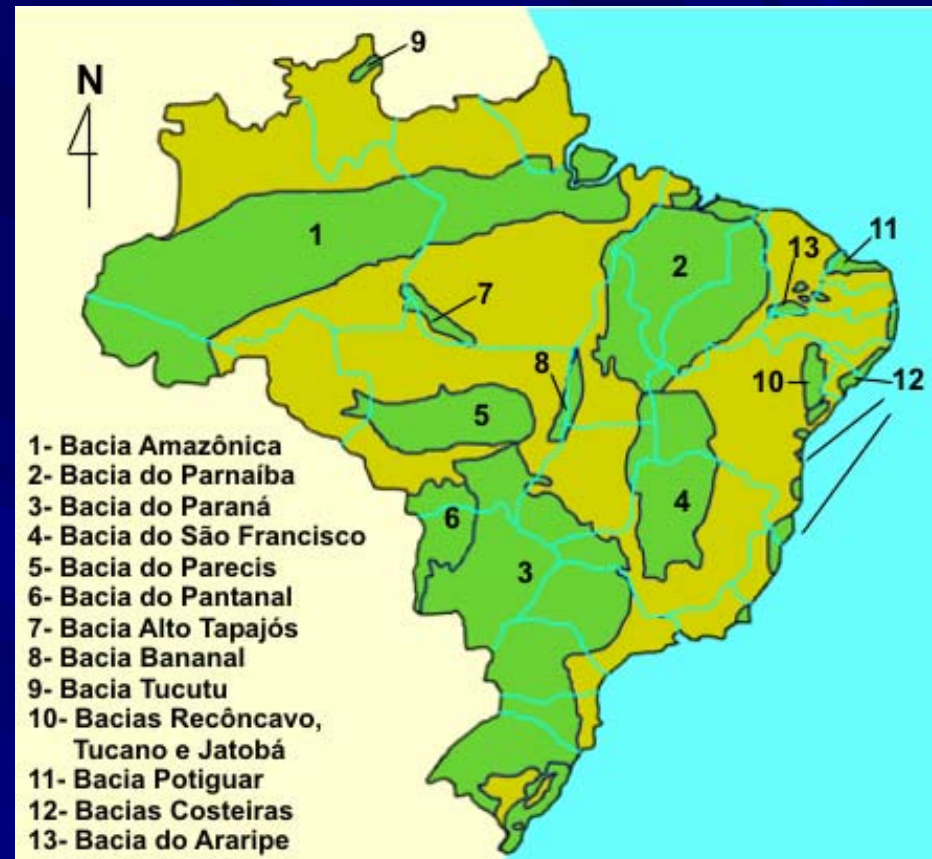
- Unidades geológicas com comportamento hidrogeológico semelhante
- Os mais importantes estão no domínio Poroso



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

CONDIÇÕES DE OCORRÊNCIA



Fonte: PETROBRAS

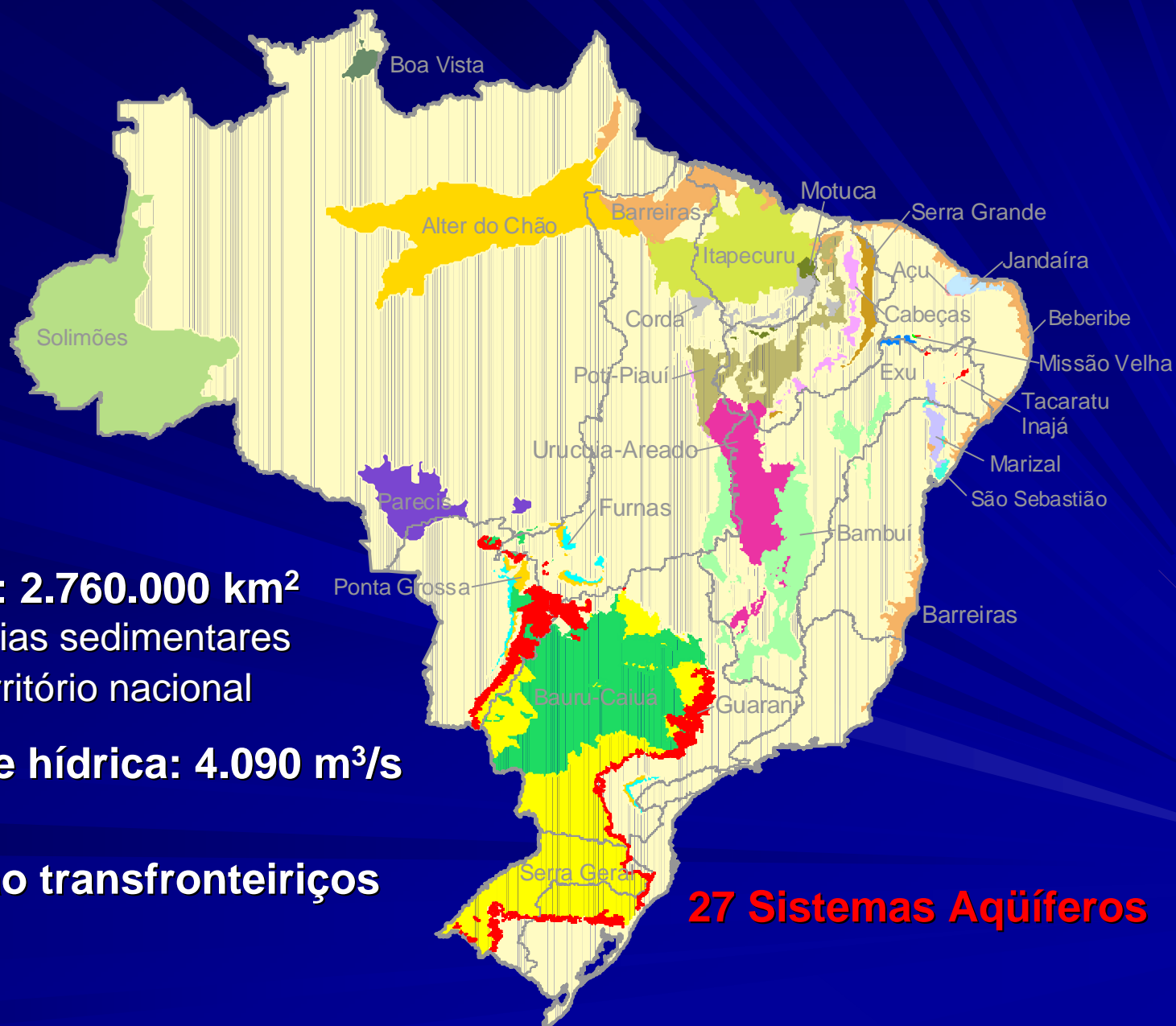
- **Bacias Sedimentares (domínio poroso): 48% do país**
 - Pantanal, Alto Tapajós, Bananal e Tucutu: aquíferos pouco expressivos
- **Terrenos Cristalinos (domínio cárstico-fraturado): 52% do país**



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

PRINCIPAIS SISTEMAS AQÜÍFEROS



- **Área total: 2.760.000 km²**
67% das bacias sedimentares
32% do território nacional

- **Disponibilidade hídrica: 4.090 m³/s**

- **Aqüíferos são transfronteiriços**

27 Sistemas Aqüíferos



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

TERRENOS CRISTALINOS



- Ocupa 4.380.000 km² (52 % país)
- Constituído por rochas metamórficas (gnaisses, quartzitos, xistos....)
- Água está contida nas fraturas

- **Clima tropical (espesso manto de intemperismo associado):**

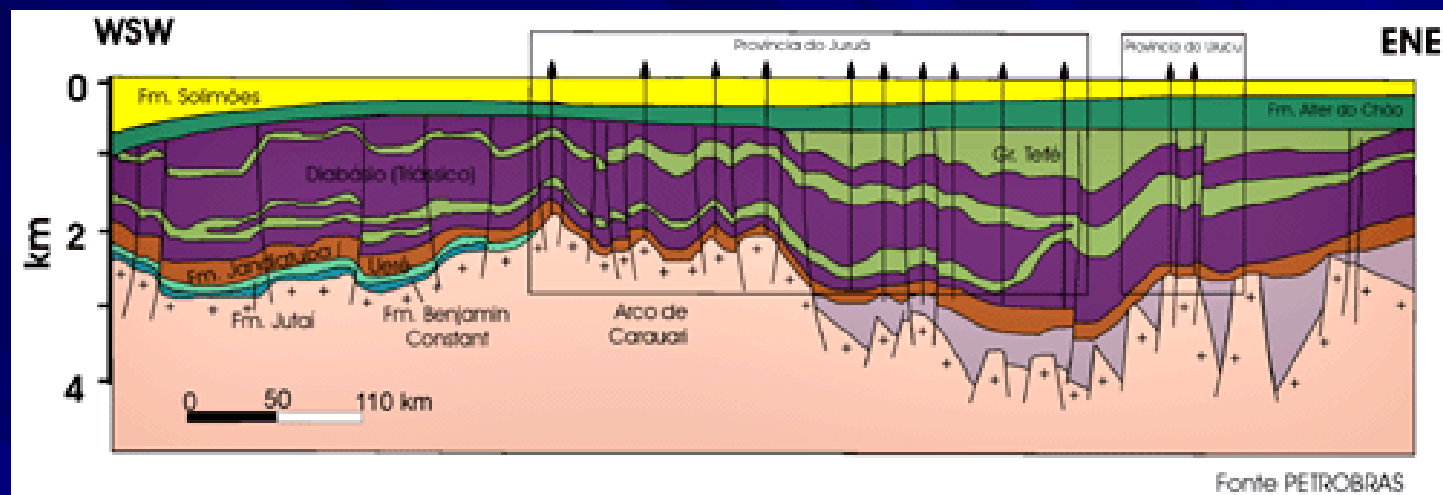
- Vazão: 6 – 8 m³/h - Profundidade poços: 50 – 200 m

- **Clima semi-árido do Nordeste (manto de intemperismo delgado/ausente):**

- Vazão: 1 – 3 m³/h - Profundidade poços: < 60 m

- Problemas freqüentes de salinização das águas e abandono de poços

Bacias Sedimentares do Amazonas e Parecis e sistema aquífero Boa Vista



Sistema Aquífero	Área de Recarga (km ²)	Espessura média (m)	Vazão média (m ³ /h)	CE média (m ³ /h/m)	Disponib. Hídrica (m ³ /s)
Solimões	457.664	---	27,3	3,062	896,3
Alter do Chão	312.574	---	53,8	1,893	249,5
Boa Vista	14.888	---	32,7	5,737	32,4
Parecis	88.157	---	146,9	8,830	464,8

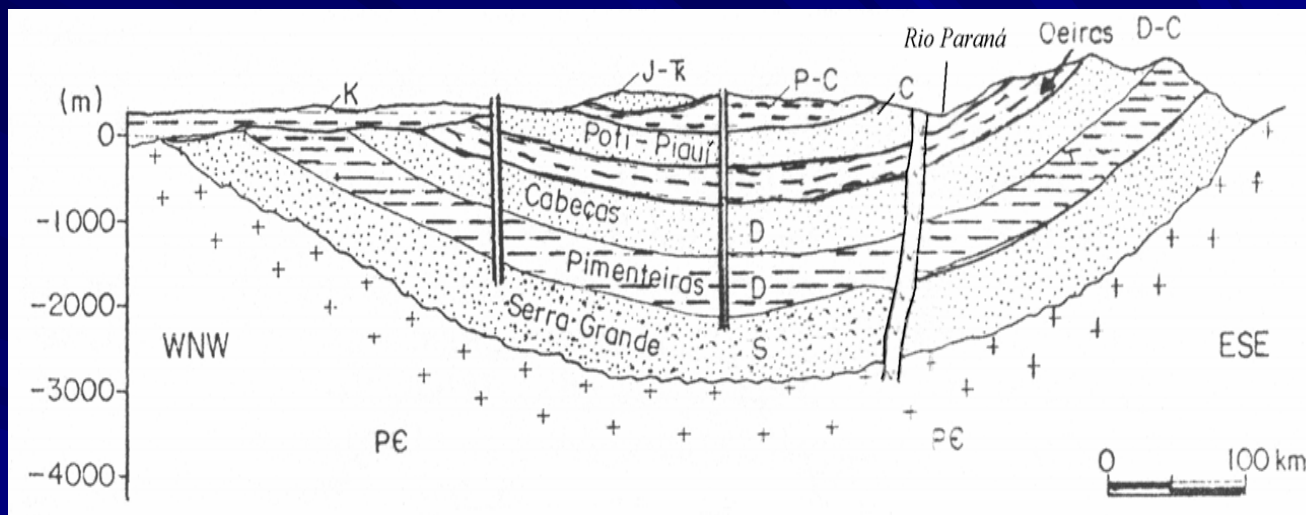
* CE – capacidade específica



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Bacia Sedimentar do Parnaíba



Fonte: Rebouças, 1988

Sistema Aquífero	Área de Recarga (km ²)	Espessura média (m)	Vazão média (m ³ /h)	CE média (m ³ /h/m)	Disponib. Hídrica (m ³ /s)
Itapecuru	204.979	100	12,3	1,862	214,8
Poti-Piauí*	117.012	400	40,0	2,576	130,0
Cabeças*	34.318	300	50,2	8,179	7,2
Serra Grande*	30.450	500	14,7	2,406	12,7

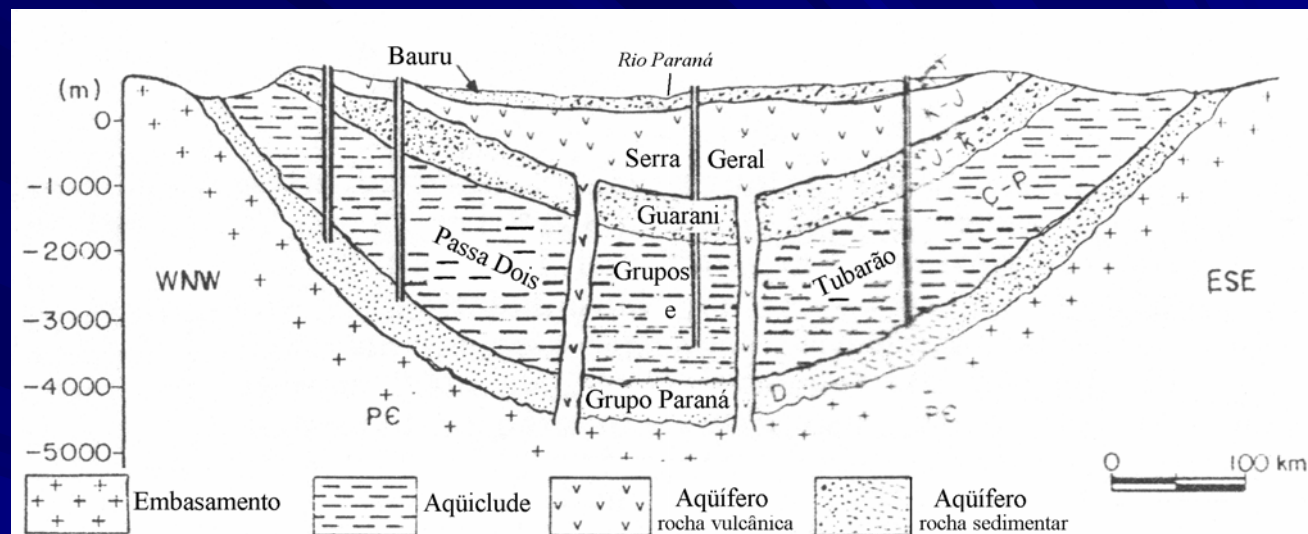
* Dados de vazão e capacidade específica da porção confinada dos sistemas aquíferos; CE – capacidade específica



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Bacia Sedimentar do Paraná

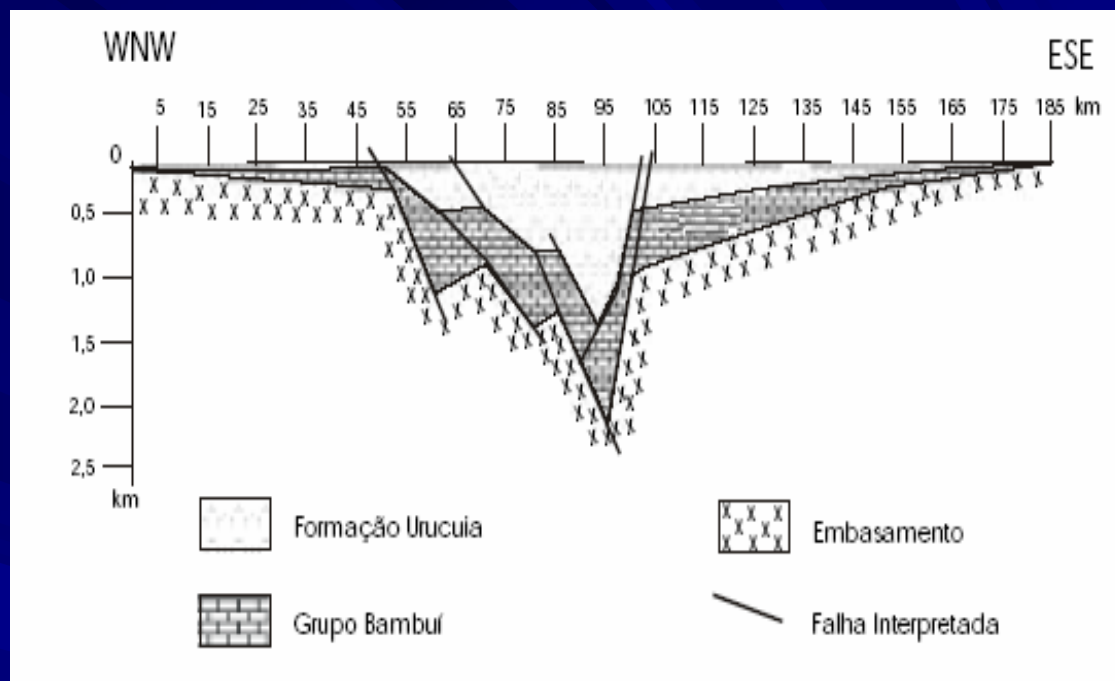


Fonte: Rebouças, 1988

Sistema Aquífero	Área de Recarga (km ²)	Espessura média (m)	Vazão média (m ³ /h)	CE média (m ³ /h/m)	Disponib. Hídrica (m ³ /s)
Bauru-Caiuá	353.420	200	18,7	0,919	587,9
Serra Geral	411.855	150	22,8	3,340	746,3
Guarani*	89.936	250	54,2	2,525	156,4

* Dados de vazão e capacidade específica da porção confinada dos sistemas aquíferos; CE – capacidade específica

Bacia Sedimentar do São Francisco

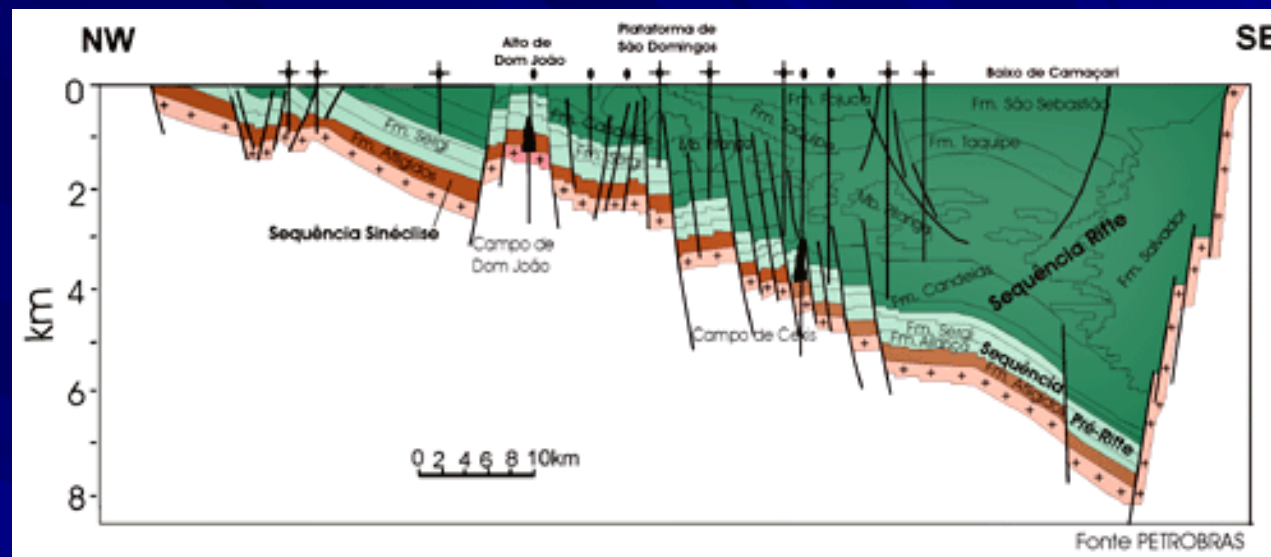


Fonte: Bomfim & Gomes, 2004

BambuÍ: sistema aquífero cárstico-fraturado heterogêneo

Sistema Aquífero	Área de Recarga (km ²)	Espessura média (m)	Vazão média (m ³ /h)	CE média (m ³ /h/m)	Disponib. Hídrica (m ³ /s)
Urucuia-Areado	144.086	300	10,4	0,972	236,4
BambuÍ	181.868	---	13,4	4,811	40,3

CE – capacidade específica



Bacia do Recôncavo

Sistema Aqüífero	Área de Recarga (km²)	Espessura média (m)	Vazão média (m³/h)	CE média (m³/h/m)	Disponib. Hídrica (m³/s)
Marizal*	18.797	200	15,1	2,004	7,2
São Sebastião*	6.783	---	40,4	2,367	8,2
Inajá*	956	300	20,1	1,587	0,3
Tacaratu	3.890	200	5,6	0,860	2,9

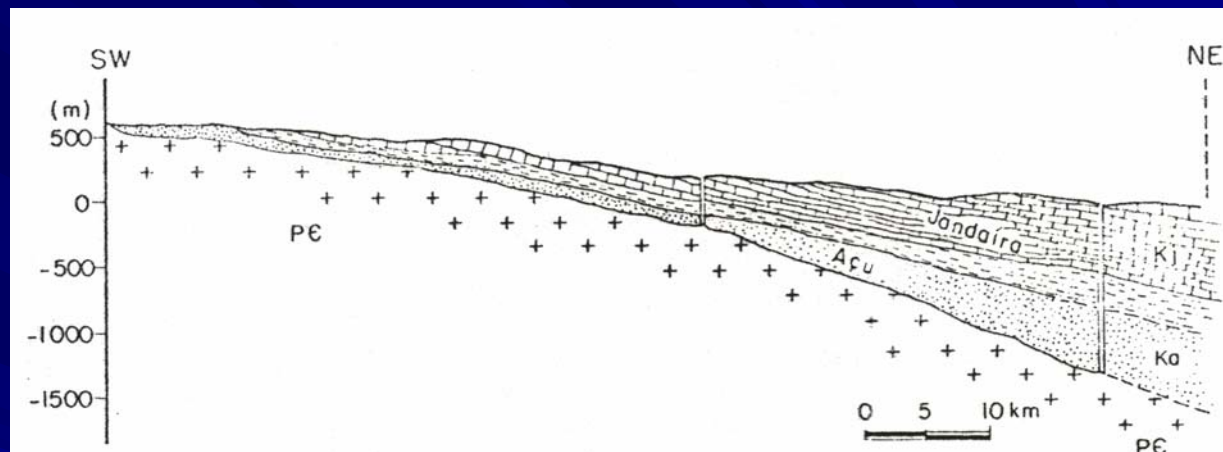
* Dados de vazão e capacidade específica da porção confinada dos sistemas aquíferos; CE – capacidade específica



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Bacia Potiguar



Fonte: Rebouças, 1988

Sistema Aqüífero	Área de Recarga (km ²)	Espessura média (m)	Vazão média (m ³ /h)	CE média (m ³ /h/m)	Disponib. Hídrica (m ³ /s)
Jandaíra	11.589	600	6,2	4,453	6,1
Açu	3.674	200	24,9	2,925	2,1

CE – capacidade específica



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

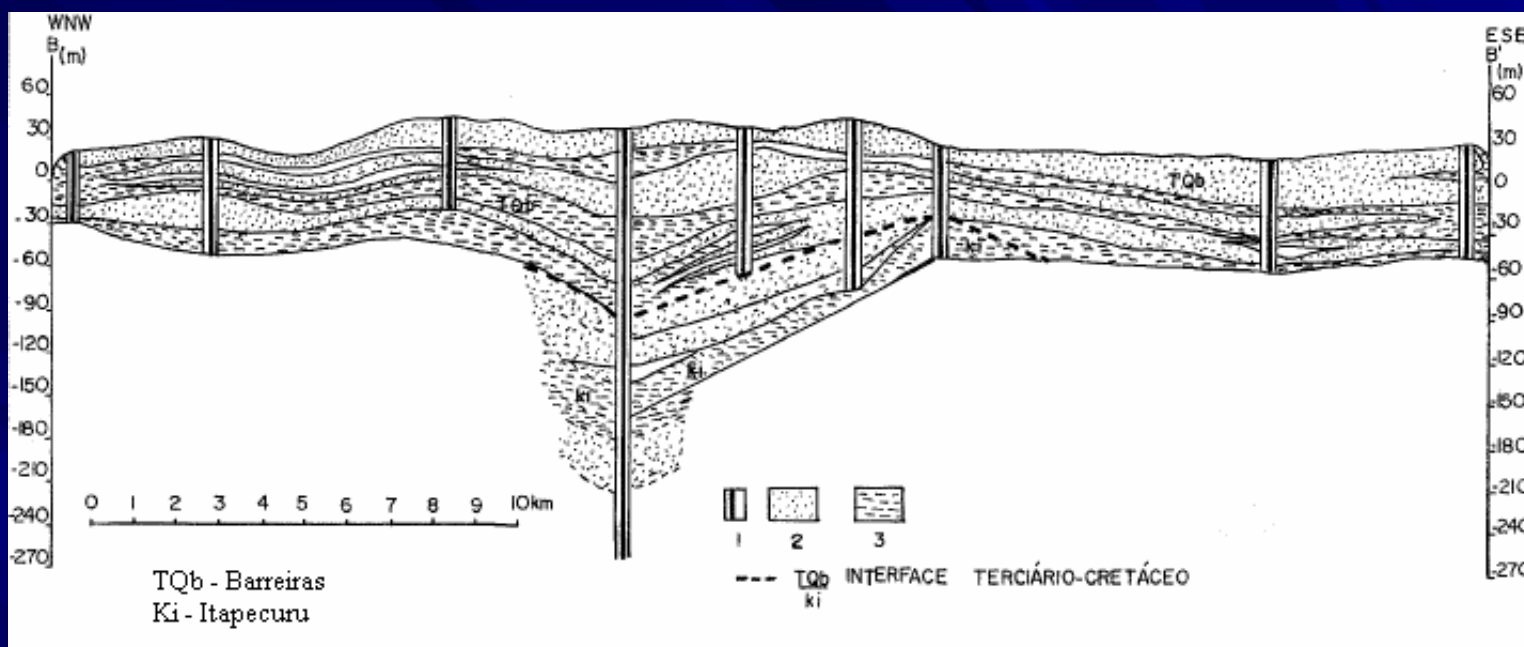




ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Bacias Costeiras – Aquífero Barreiras



Fonte: Sousa, 2004

Sistema Aquífero	Área de Recarga (km ²)	Espessura média (m)	Vazão média (m ³ /h)	CE média (m ³ /h/m)	Disponib. Hídrica (m ³ /s)
Barreiras	176.532	60	23,4	2,158	217,0

CE – capacidade específica

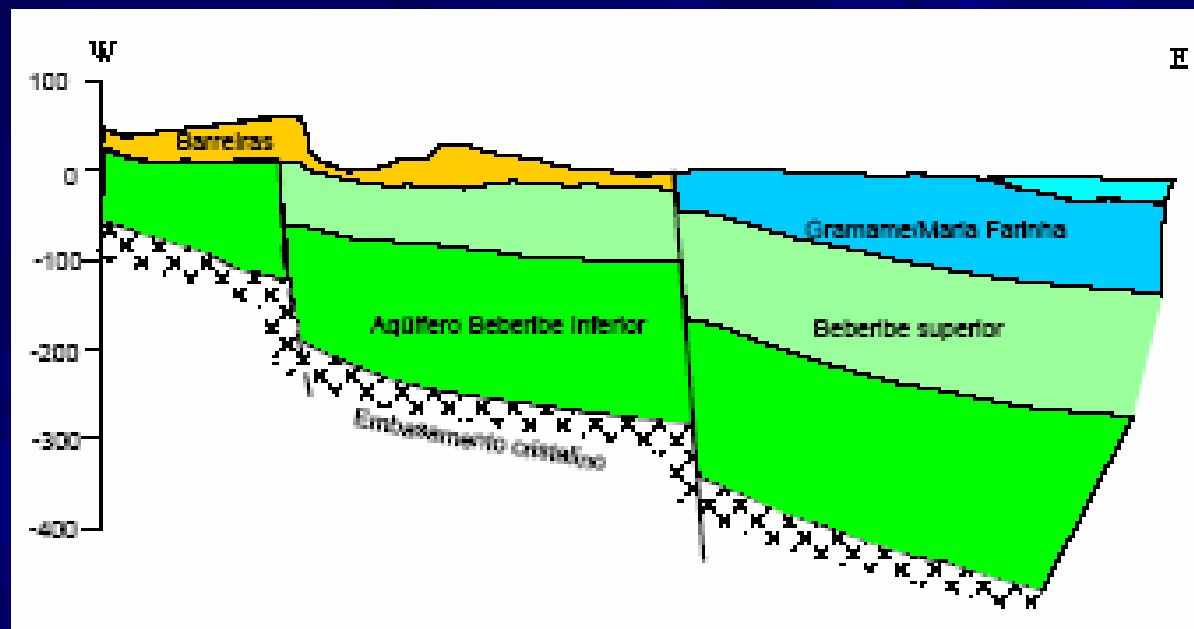
Barreiras: explotado em São Luís, Fortaleza, Natal, Recife, Maceió



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Bacias Costeiras - Aquífero Beberibe



Fonte: Oliveira, 2003

Sistema Aquífero	Área de Recarga (km ²)	Espessura média (m)	Vazão média (m ³ /h)	CE média (m ³ /h/m)	Disponib. Hídrica (m ³ /s)
Beberibe	318	100	77,7	3,752	0,4

CE – capacidade específica

Intensamente explotado na Região Metropolitana de Recife (4.000 poços)



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

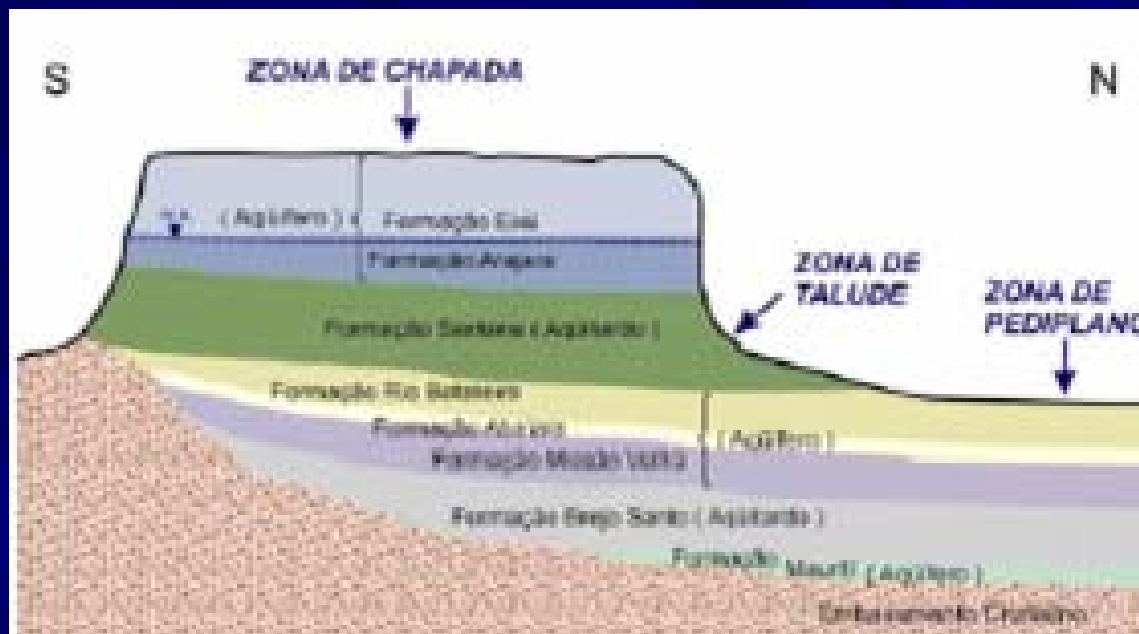




ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Bacia Sedimentar do Araripe



Fonte: DNPM, 1996

Sistema Aqüífero	Área de Recarga (km ²)	Espessura média (m)	Vazão média (m ³ /h)	CE média (m ³ /h/m)	Disponib. Hídrica (m ³ /s)
Exu	6.397	---	6,0	7,922	0,6
Missão Velha	1.324	130	14,4	2,325	0,2

CE – capacidade específica

Existem importantes fontes na região da Chapada



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

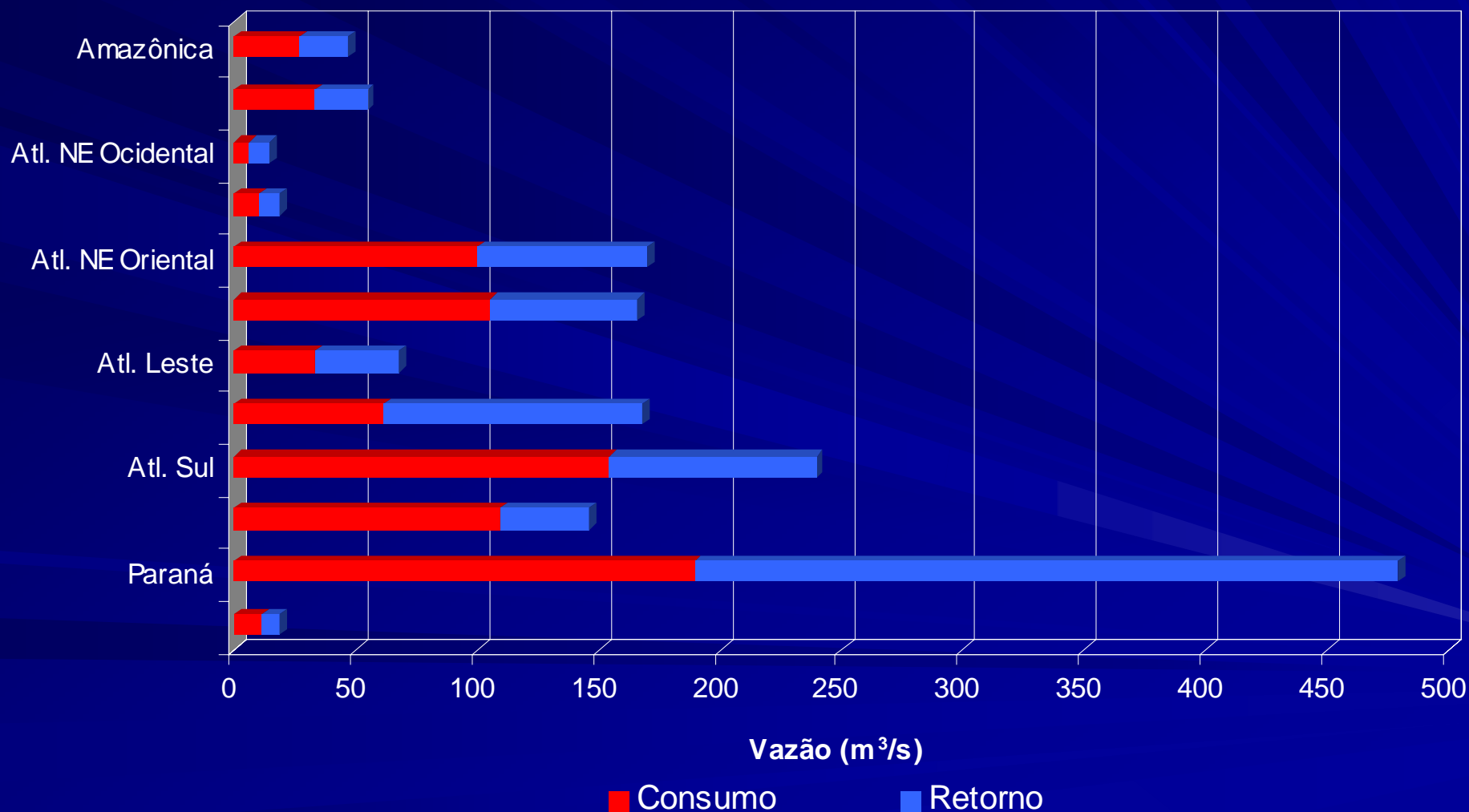
Demandas

Metodologia adotada:

- Censos demográficos, agropecuários e industriais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB / IBGE);
- Estimadas as vazões de retirada, retorno e consumo para cinco classes de uso;
- Araguaia-Tocantins, São Francisco e Paraná - Projeto “Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN” (ONS 2003) – cerca de 2.240 municípios;
- Demandas dos demais municípios – revisão dos resultados apresentados no Documento Básico de Referência do PNRH – cerca de 3270 municípios e adaptada aos resultados obtidos pelo ONS (2003).

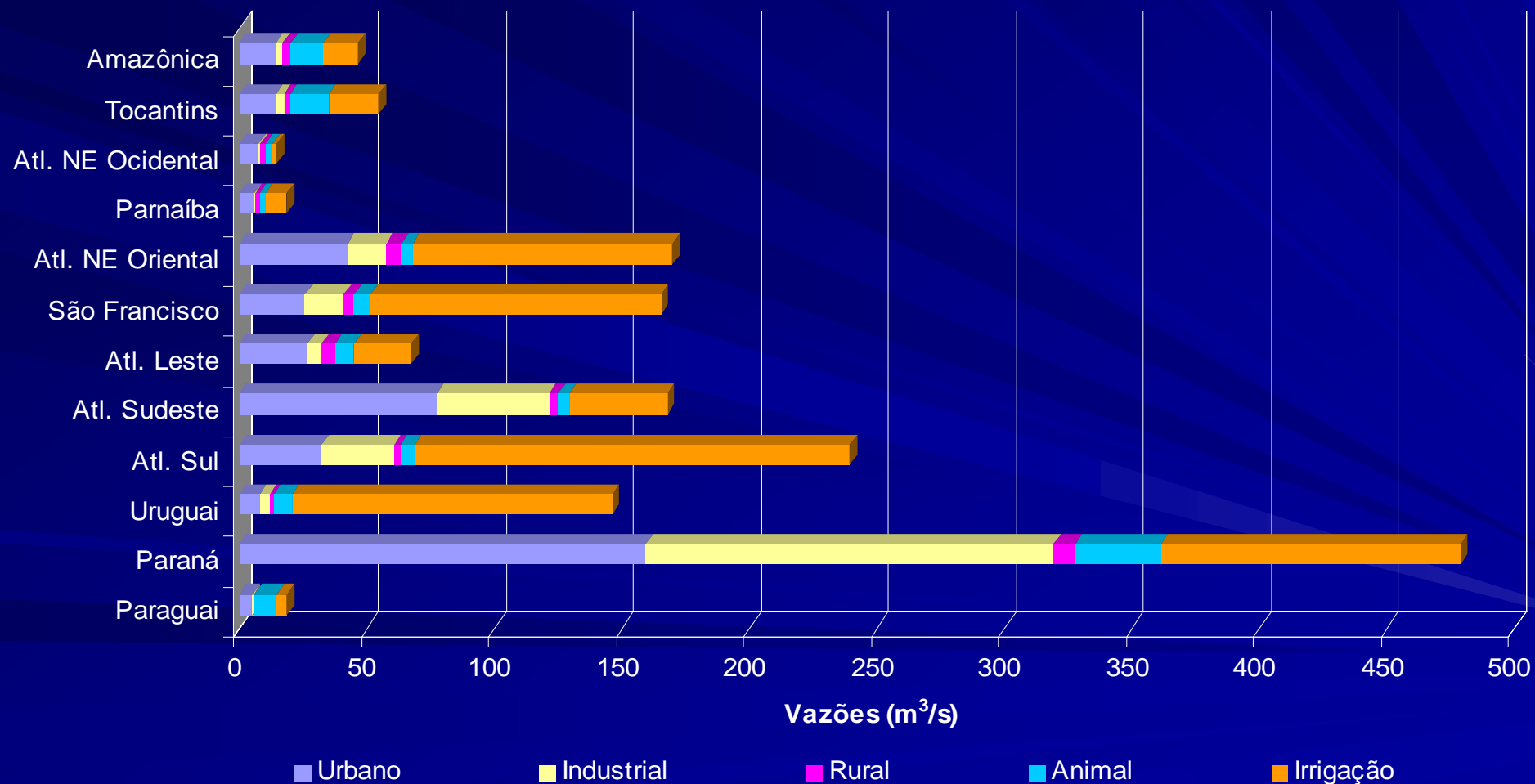
DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS

RETIRADA TOTAL: 1.592 m³/s
CONSUMO TOTAL: 841 m³/s (53%)



DEMANDAS DE RECURSOS HÍDRICOS

RETIRADA TOTAL: 1.592 m³/s



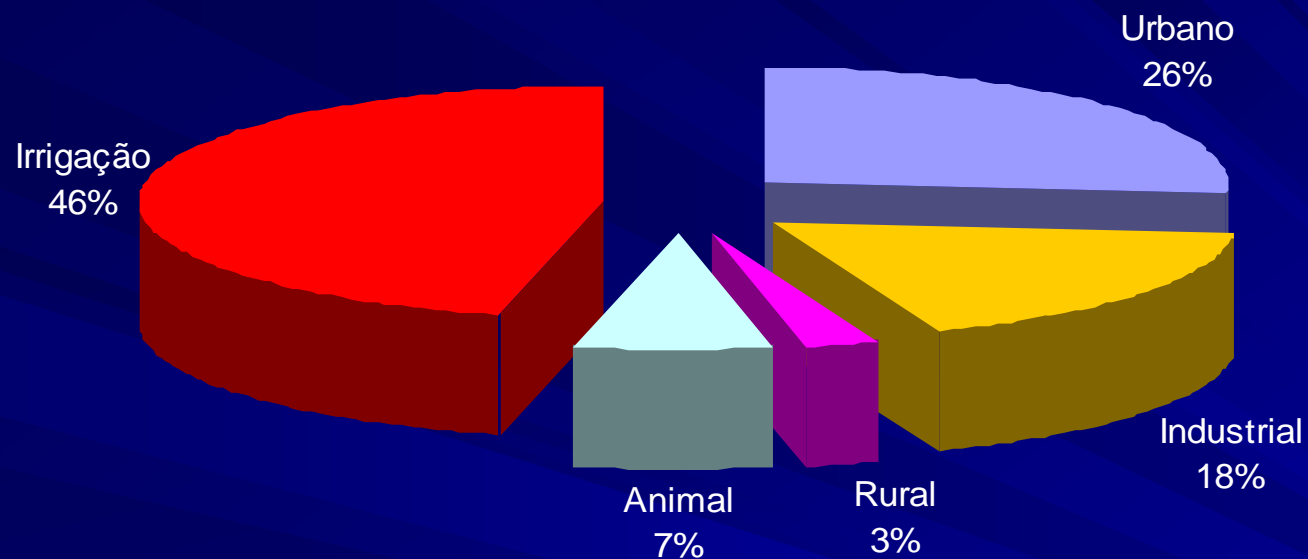


ANA

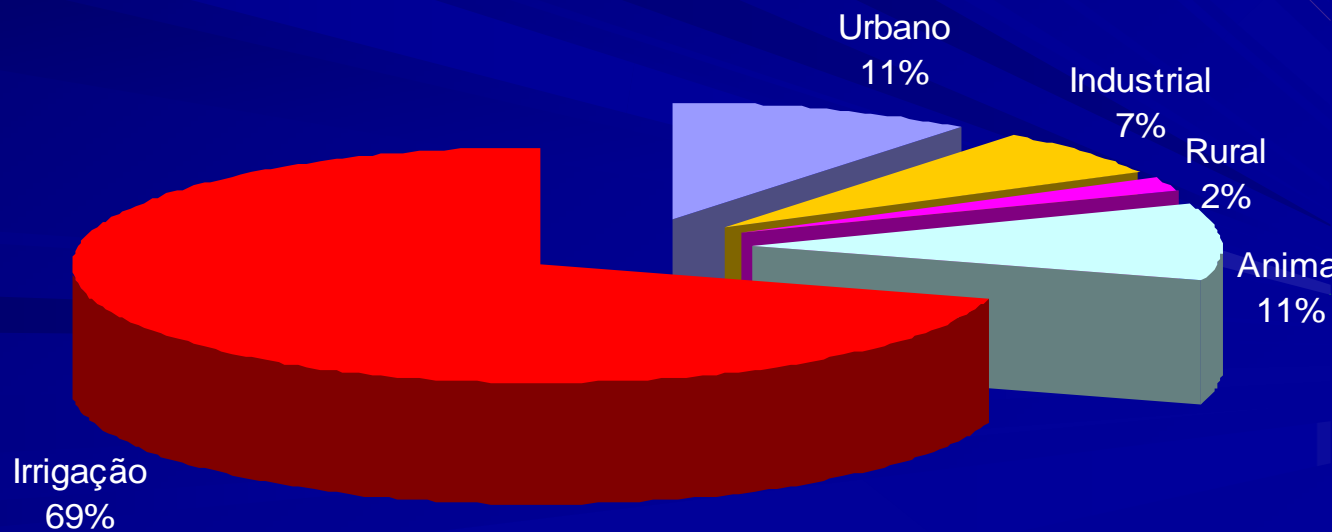
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

DEMANDAS

Retiradas: 1.592 m³/s



Consumo: 841 m³/s



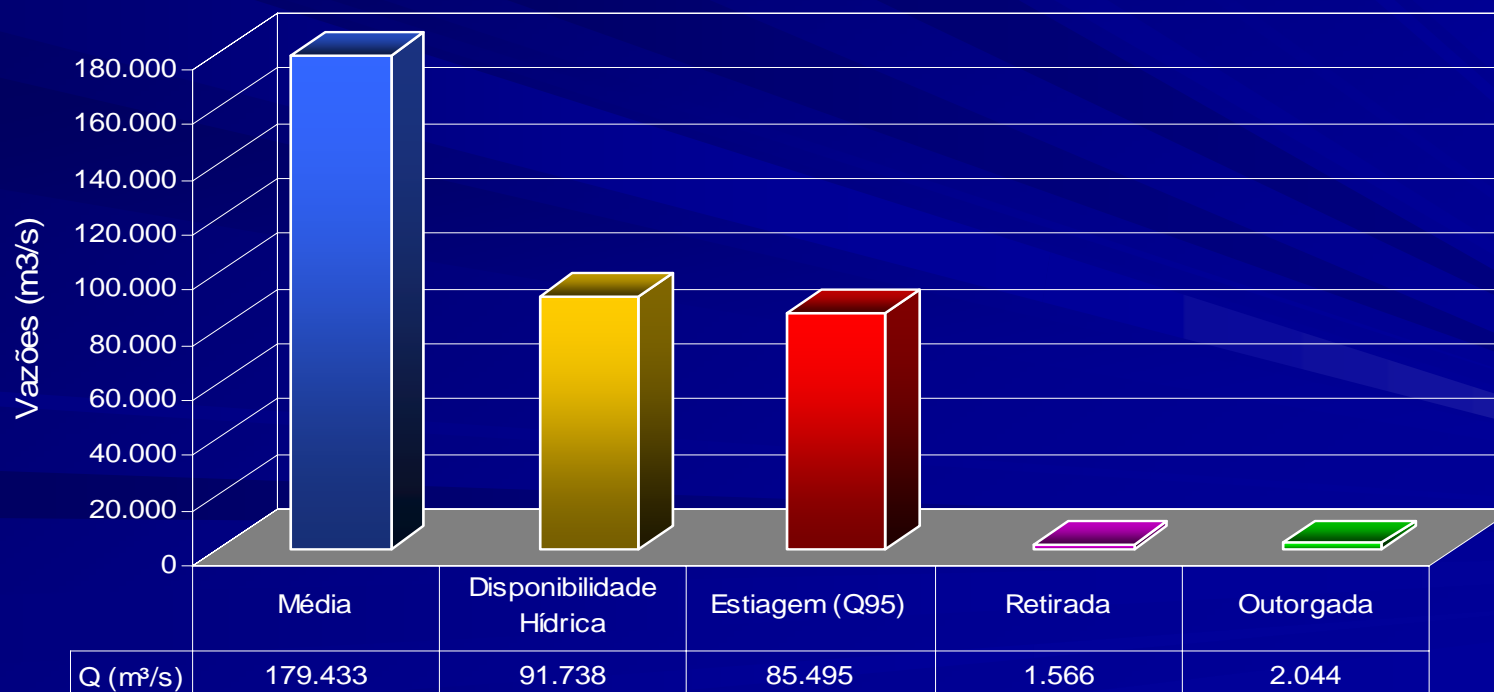


ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

OUTORGA DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS (Usos consuntivos)

Descrição	Águas		Dominialidade		Total
	Superficiais	Subterrâneas	União	Estados	
Número	50.112	20.548	1.512	69.148	70.660
Vazão (m³/s)	1.955	89	629	1.415	2.044





ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

BALANÇO DEMANDA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA

**Razão entre a vazão de retirada para usos consuntivos e a
disponibilidade hídrica**

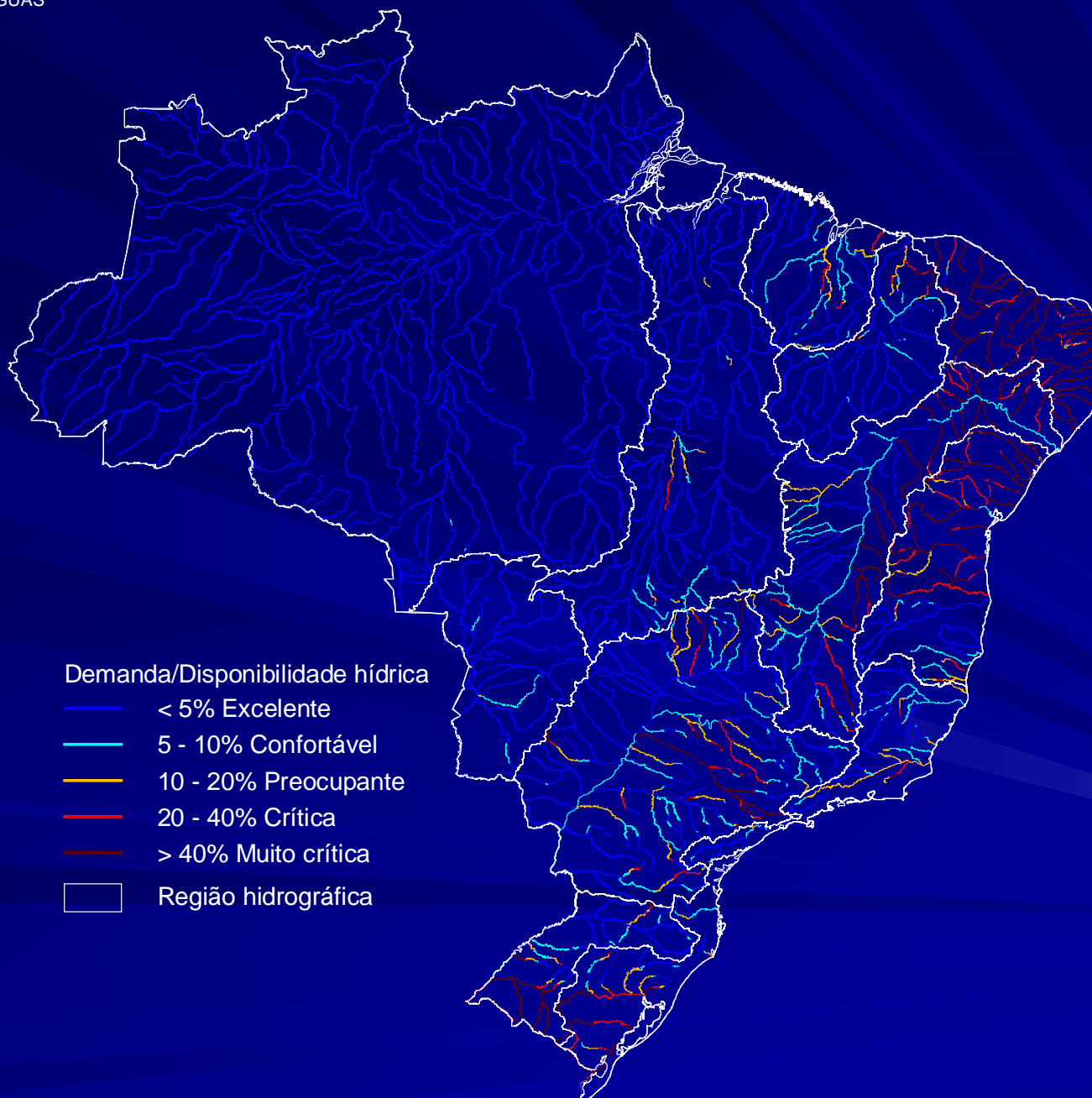
- **< 5% - Excelente;**
- **5 a 10% - Confortável;**
- **10 a 20% - Preocupante;**
- **20% a 40% - A situação é crítica;**
- **> 40% - A situação é muito crítica.**



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

DEMANDA / DISPONIBILIDADE HÍDRICA



Principais rios com trechos onde a relação entre demanda e disponibilidade é, pelo menos, preocupante (>10%).

Região hidrográfica	Principais bacias	Classificação*
Atlântico Nordeste Oriental	- Rio Acaraú, CE.	Crítica
	- Rios Aracatiaçu e Curu, CE; - Bacias da região Metropolitana de Fortaleza-CE - Rio Jaguaribe e afluentes, CE - Rios Apodi, Mossoró e afluentes, RN - Rio Piranhas-Açu e afluentes, RN e PB;	Muito crítica
	- Rios da faixa litorânea norte do RN (Cabuji e outros)	Crítica
	- Rios Boqueirão, Maxaranguape, Punaú, RN; - Rios Ceará-Mirim e Potengi, RN; - Rios Trairi e Pirangi, RN e PB; - Rios Jacu, Curimataú, Mamanguape, RN e PB; - Rio Paraíba; PB - Rios Gramame, Goiana, PB e PE; - Rio Capibaribe, PE - Rios Una, Ipojuca Sirinhaém, PE - Rio Mundaú, AL.	Muito crítica



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Principais rios com trechos onde a relação entre demanda e disponibilidade é, pelo menos, preocupante (>10%).

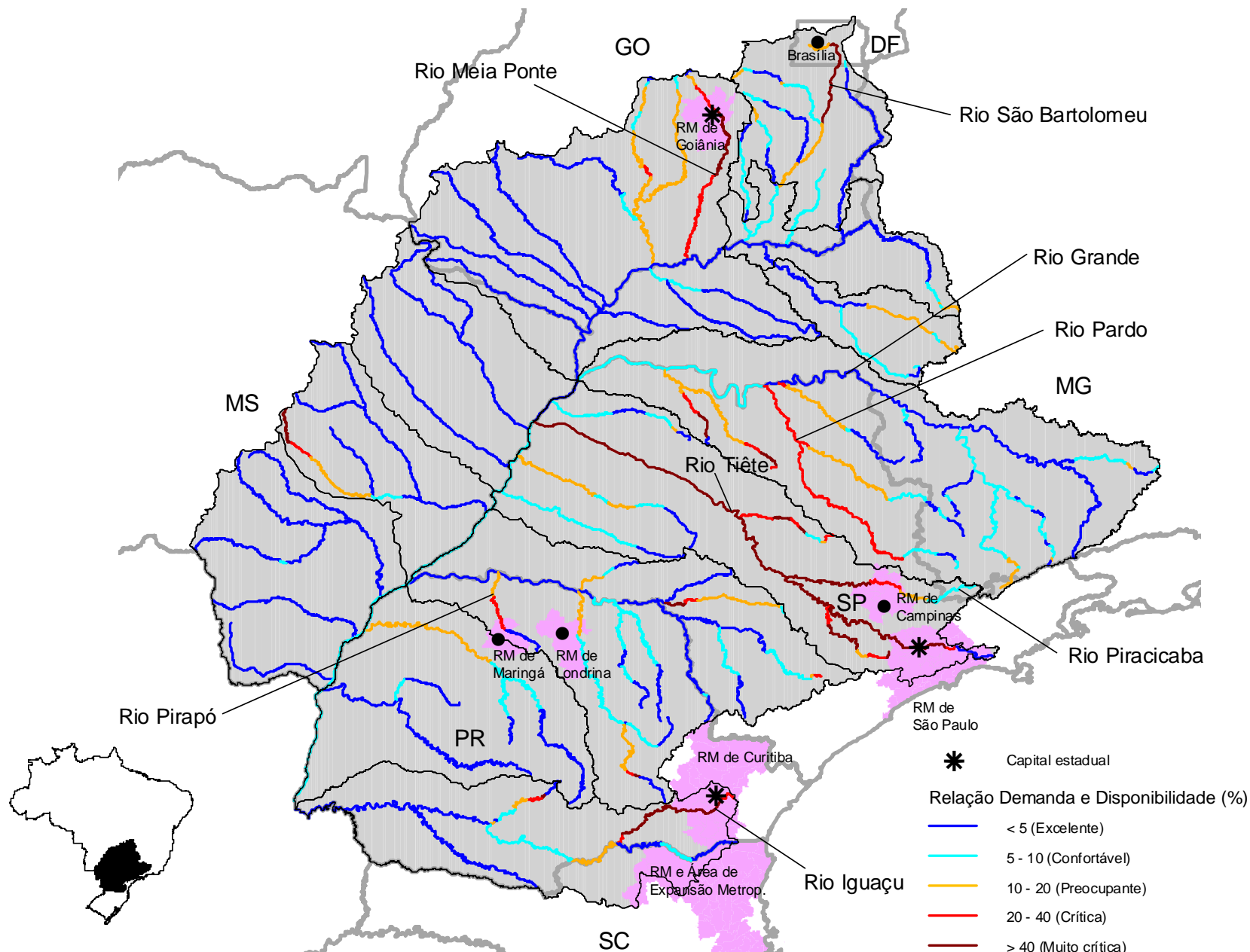
Região hidrográfica	Principais bacias	Classificação*
Uruguai	- Rio do Peixe, RS	Preocupante
	- Rio Piratini, RS	
	- Rio Icamaquã, RS	Muito crítica
	- Rio Ibicuí, RS	
Paraná	- Rio Santa Maria, RS	
	- Rio Quaraí, RS	
	- Rio Uruguai, entre os municípios de Uruguaina e Barra do Quaraí-RD	Crítica
	- Rio São Bartolomeu, DF e GO	Muito crítica
	- Rio Corumbá, GO	Preocupante
	- Rio Meia Ponte, GO	Crítica
	- Rio Turvo e rio dos Bois, GO	Preocupante
	Afluentes do rio Grande:	
	- Rios Sapucaí, Turvo, SP	Preocupante
	- Rio Pardo (afluente do rio Mogi-Guaçu), SP	
	Afluentes do rio Grande:	
	- Rio Moji-Guaçu, SP	Crítica
Paraguai	- Rios Tietê e Piracicaba, SP e MG	Muito crítica
	- Rio Iguapeí ou Feio, SP	
	- Rio Anhanduí, entre os municípios de Campo Grande e Nova Andradina-MS	Preocupante
	- Rio Pardo (afluente do rio Paranapanema), SP	
	- Rio Ivaí, PR	
	- Rio Iguaçu, entre Curitiba e União da Vitória	Muito crítica
	- Rio Jordão, próximo ao município de Guarapuava-PR	Preocupante
Paraguai	-----	



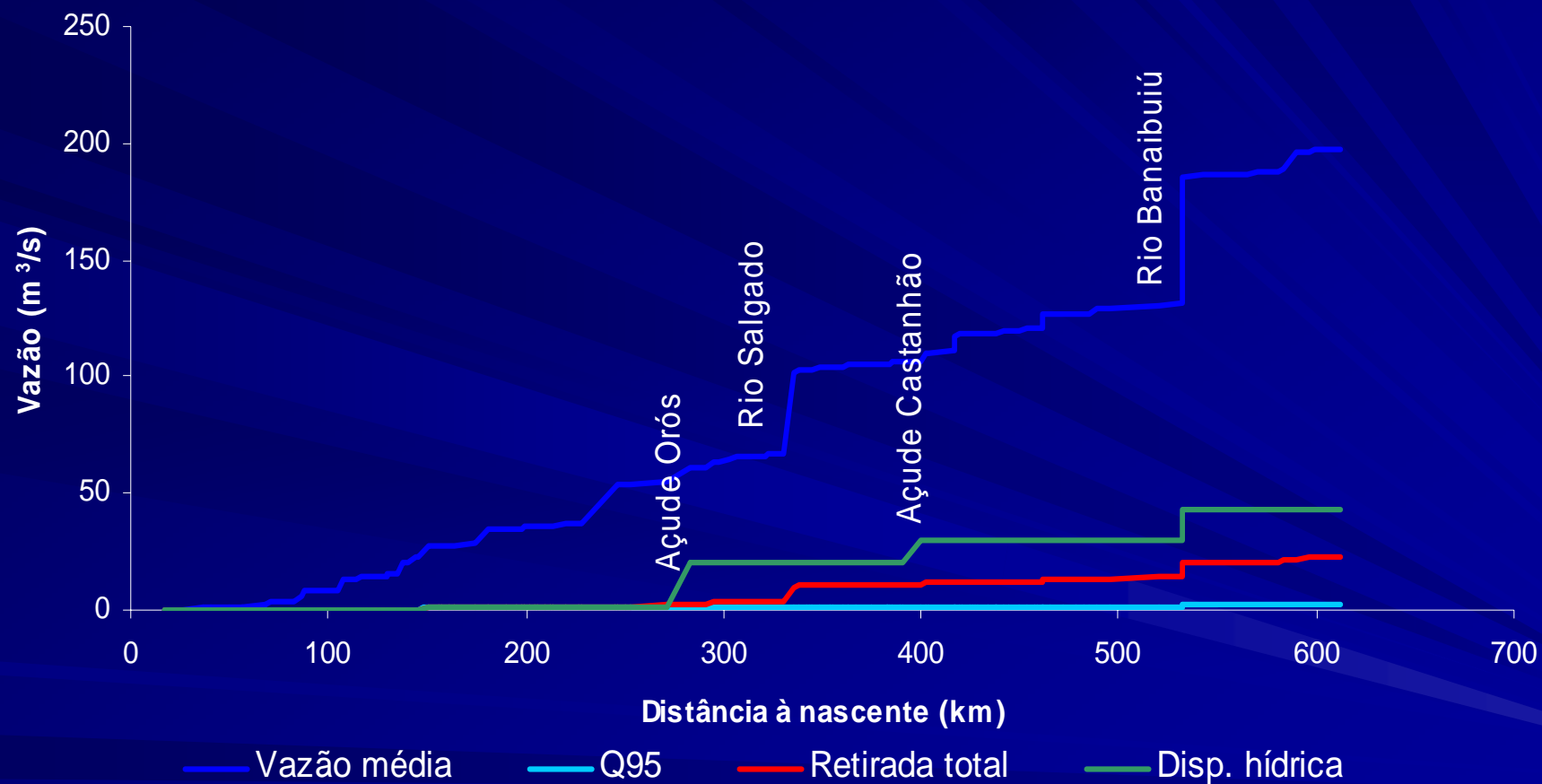
ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

DEMANDA / DISPONIBILIDADE HÍDRICA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO PARANÁ



DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS, AO LONGO DO RIO JAGUARIBE

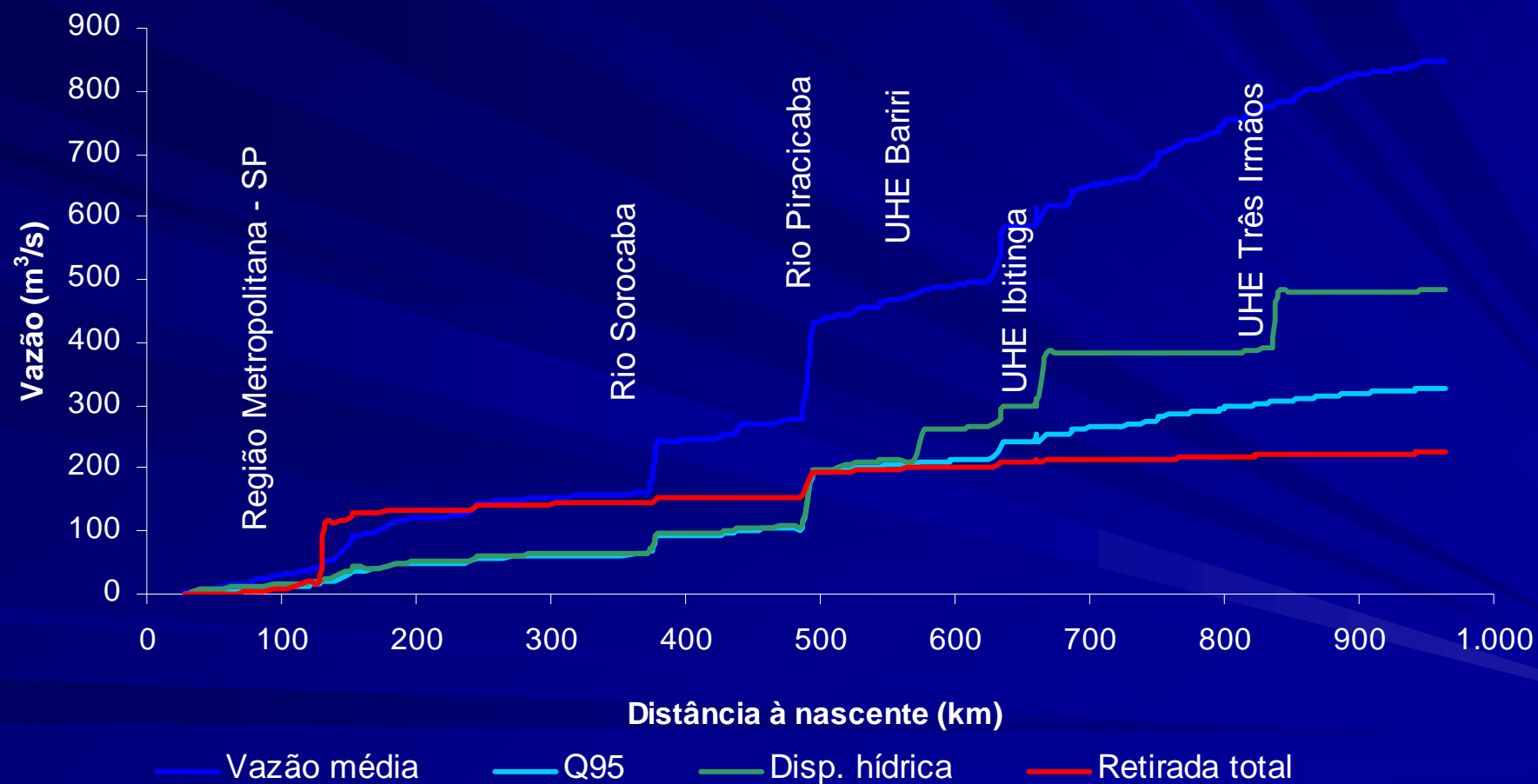




ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS, AO LONGO DO RIO TIETÊ





ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

DEMANDA POTENCIAL X DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

- **Demanda potencial:** vazão de retirada dos municípios situados sobre a área de recarga dos sistemas aquíferos
- **Relação Demanda Potencial > Disponibilidade:** 9 de 27 aquíferos
 - Bacia Potiguar: Jandaíra (185%) e Açu (476%);
 - Bacia do Parnaíba: Motuca (119%);
 - Bacias Costeiras: Beberibe (2.255%);
 - Bacia do Recôncavo-Tucano-Jatobá: Inajá (643%) e Tacaratu (300%);
 - Bacia do Araripe: Exu (583%) e Missão Velha (2.380%);
 - Bacia do São Francisco: Bambuí (202%).



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- A precipitação média anual é de 1.797 mm;
- A vazão média é de 179 mil m³/s, (12% da mundial). Considerando a contribuição em território estrangeiro, a vazão total atinge 267 mil m³/s (18% da mundial);
- Os principais sistemas aquíferos do país estão concentrados nas bacias sedimentares, que ocupam 48% do país;
- Águas subterrâneas dos principais aquíferos porosos: reservas renováveis alcançam cerca de 20 mil m³/s, as reservas exploráveis são cerca de 4.100 m³/s;



ANA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- A demanda de água no país é de 1.592 m³/s, sendo que cerca de 53% deste total (841 m³/s) são consumidos;
- As bacias localizadas em áreas que apresentam uma combinação de baixa disponibilidade (por exemplo, semi-árido) e grande utilização dos recursos hídricos (próximas aos grandes centros urbanos) passam por situações de escassez e estresse hídrico.
- Principalmente nestas bacias, faz-se necessária a consolidação do sistema de gerenciamento de recursos hídricos, com o funcionamento efetivo dos órgãos gestores e com a implantação dos instrumentos técnicos, econômicos, estratégicos e institucionais da Política e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.