

4 — Disponibilidade de água

TH028 – Saneamento Ambiental I

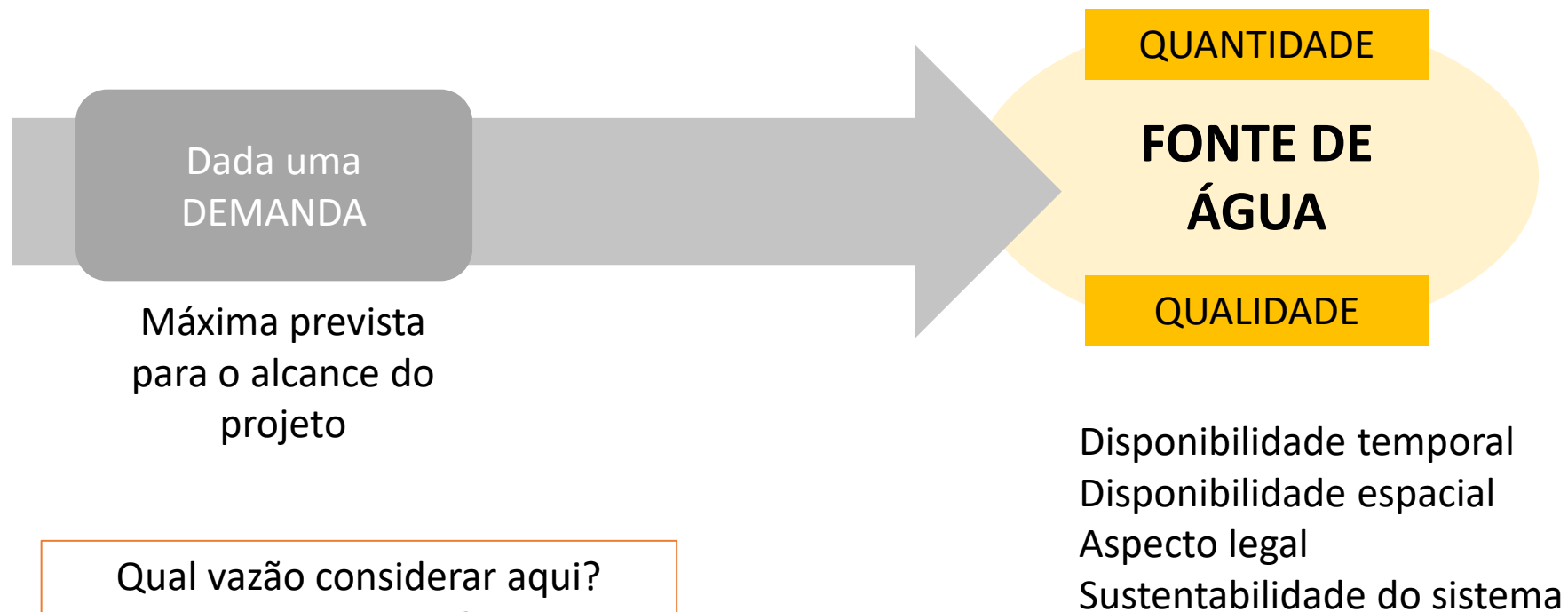
Curso de Engenharia Civil



Objetivos deste módulo

- Conhecer o potencial de fontes de água
- Analisar os aspectos para a seleção do manancial
- Aprofundar o instrumento Outorga de direito de uso
- Proteção de mananciais

A questão é



Qual vazão considerar aqui?

Q_1 , Q_2 ou Q_3 ?

$$Q_1 = K_1 Pq + Q_{esp} + C_{ETA}$$

$$Q_2 = K_1 Pq + Q_{esp}$$

$$Q_3 = K_1 K_2 Pq + Q_{esp}$$



Manancial

- **Seleção do manancial:**
 - **Quantidade e qualidade** adequadas em **qualquer época do ano**
 - Proximidade ao local de consumo
 - Locais favoráveis à construção da captação
 - Transporte de sedimentos pelo curso de água
 - Condições futuras
 - Aspectos legais (outorga, licenciamento)
- **Estudo técnico, econômico e ambiental para a escolha do local de captação**

NBR 12211/92

Condições sanitárias satisfatórias:

- Inspeção sanitária
- Análises de qualidade da água
- Uso e ocupação da terra (atual e futura)
- NBR 12216

Vazão suficiente

- Correspondente ao dia de demanda máxima prevista para o alcance do projeto
- $(Q_{disp} - Q_{demanda}) < 10\% Q_{demanda}$
→ estudo complementar caso venha a ser insuficiente

Fontes de água

FONTES DE ÁGUA

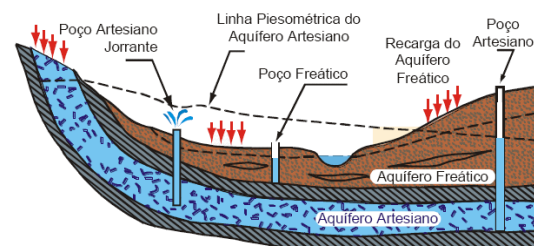
Conjuntura dos RH

MANANCIAL SUPERFICIAL



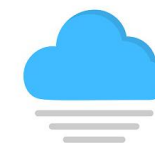
Curso de água
Represas/reservatórios
Manancial da serra

MANANCIAL SUBTERRÂNEO



Caixas de tomada e drenos
Poços horizontais
Poços profundos

FONTES ALTERNATIVAS

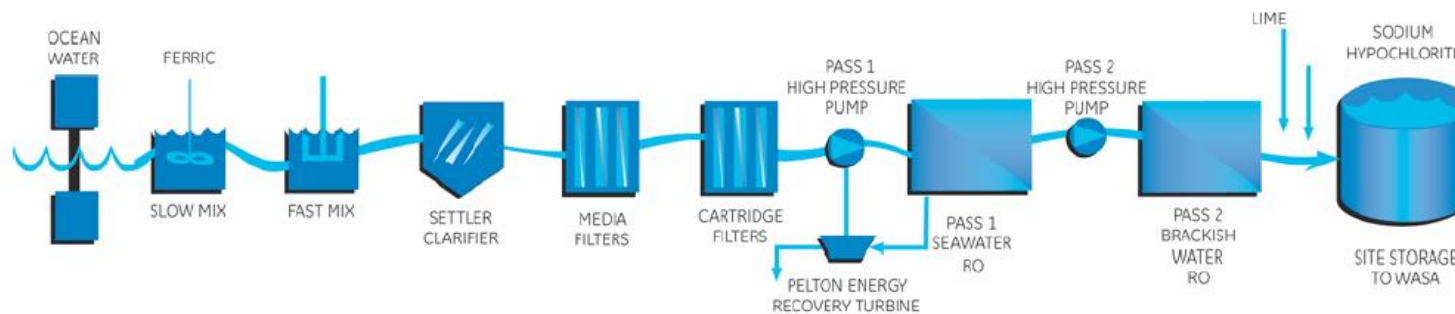


Prós e Contras
Vantagens e Desvantagens
Presença ou Ausência

Outras fontes

Água salina

Processo de Dessalinização:



Captação

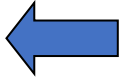


Pós-Tratamento

Pré-Tratamento

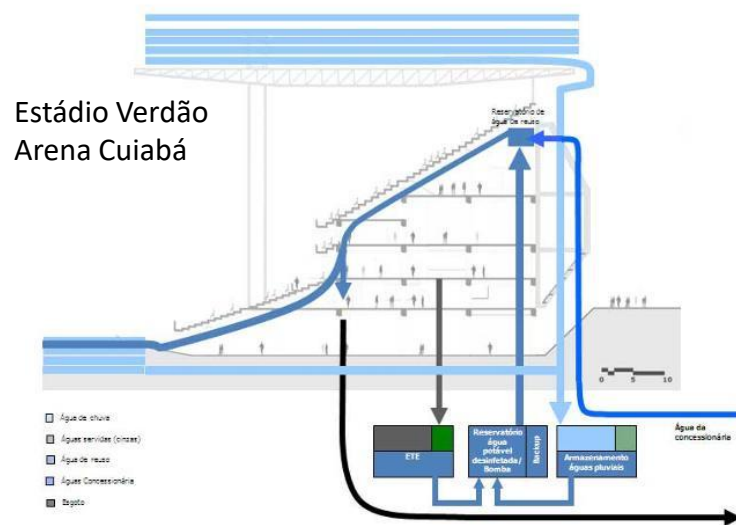


Dessalinização

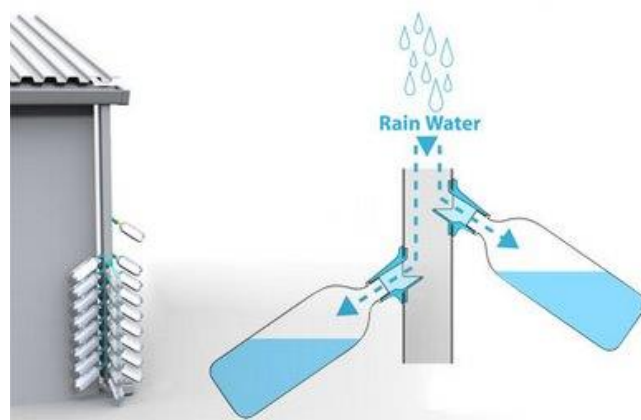




Água Pluvial

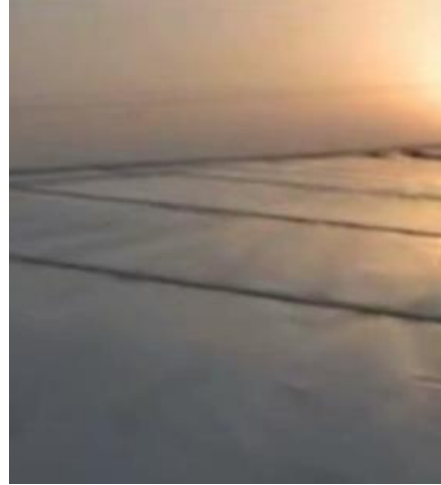


Importante
atentar para
a **qualidade**





Orvalho



Índia





Névoa

FogQuest é uma instituição sem fins lucrativos dedicada a planejar e implementar projetos de água para comunidades rurais em países em desenvolvimento



<http://www.fogquest.org/>

Vila Tiactac, Guatemala
Redes de névoa captura e gera água para suprimento de 300 pessoas.

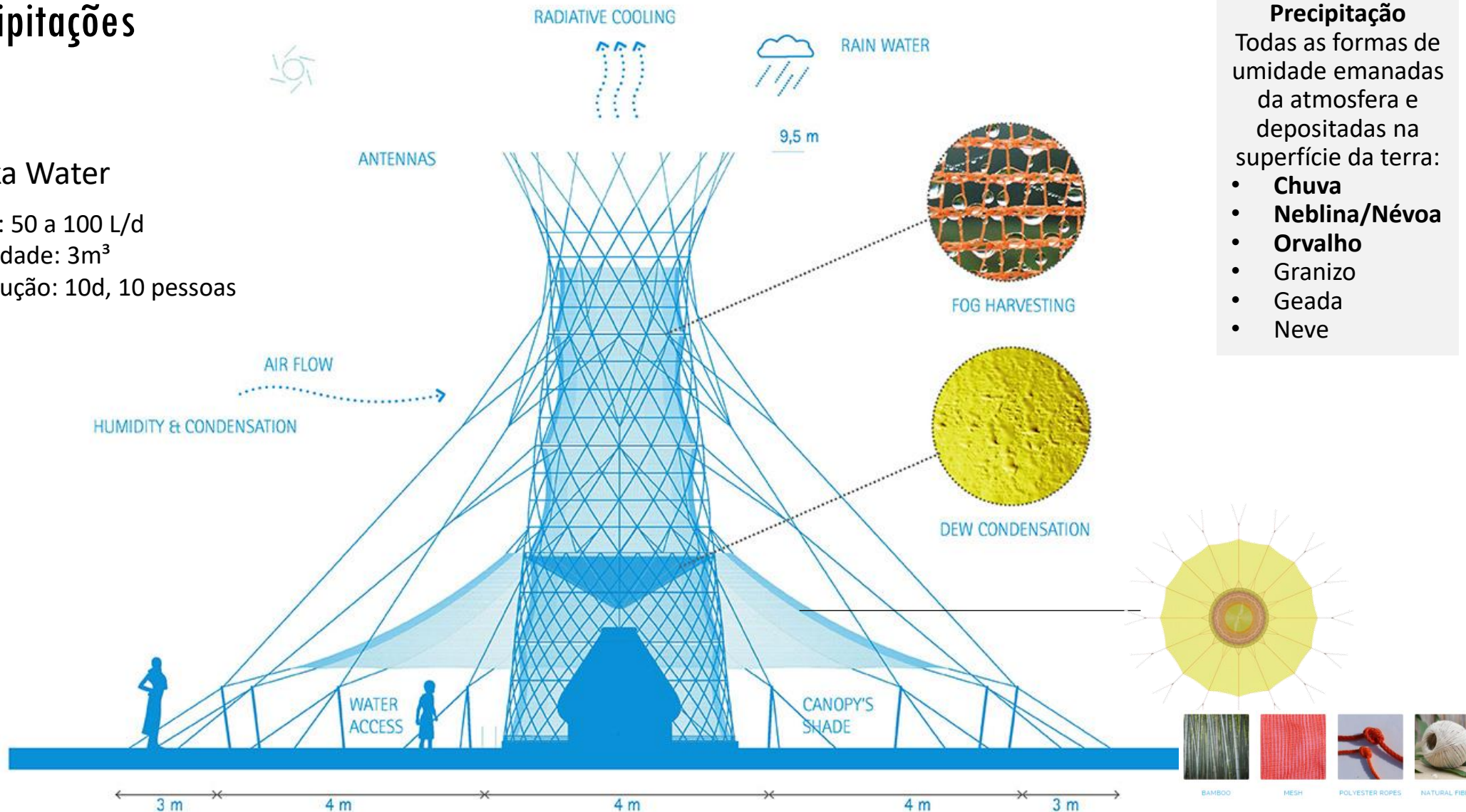


<http://www.footprints.org.au/default.aspx?c=10&x1=21>

Precipitações

Warka Water

Coleta: 50 a 100 L/d
Capacidade: 3m³
Construção: 10d, 10 pessoas



Precipitação
Todas as formas de umidade emanadas da atmosfera e depositadas na superfície da terra:

- **Chuva**
- **Neblina/Névoa**
- **Orvalho**
- Granizo
- Geada
- Neve



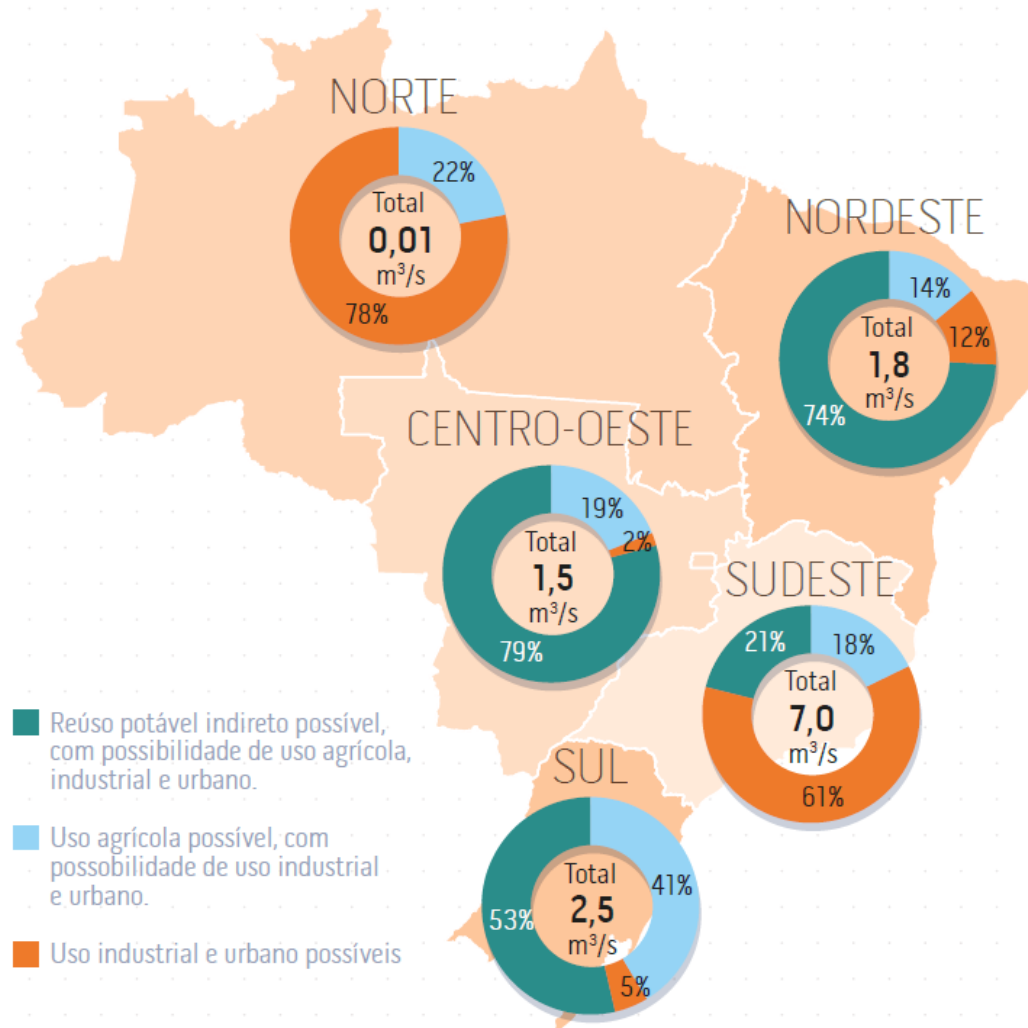
Reuso da água

Discussão sobre reuso para aumentar a disponibilidade hídrica tem se intensificado

Conjuntura dos RH 2018

Dados do estudo
"Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil" do Ministério das Cidades, disponível em <http://interaguas.ana.gov.br/>.

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REUSO NO CURTO E MÉDIO PRAZO
por Região Geográfica, considerando somente efluente urbano





Fontes de abastecimento de água

Qual principal fonte de água nos sistemas de abastecimento do Brasil?
Análise a nível nacional, regional e estadual.
E no município que vocês tem interesse?

Podem consultar aqui:

[Atlas – Abastecimento de água](#)

Distribuição do Suprimento de Água
no Planeta



Água salgada nos oceanos: 97,2%

Capas de gelo e geleiras: 2,14%

Água subterrânea: 0,61%
Águas superficiais: 0,009%
Umidade do solo: 0,005%
Atmosfera: 0,001%

Disponibilidade hídrica

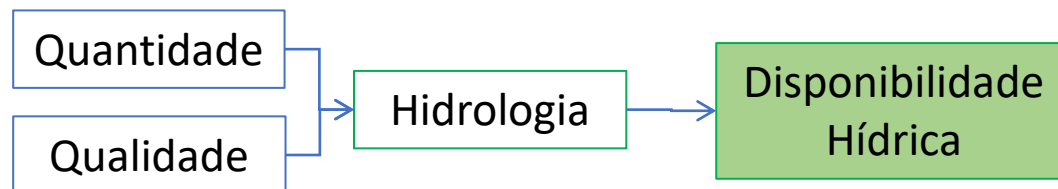
Vazão de estiagem

Curva de permanência

$Q_{10,7}$

Leitura:

[Parte III – Procedimentos técnicos – ANA](#), Página 35



VAZÃO DE REFERÊNCIA: aquela que representa a disponibilidade hídrica do curso de água, associada a uma probabilidade de ocorrência (Resolução CNRH n° 129, de 29 de junho de 2011).

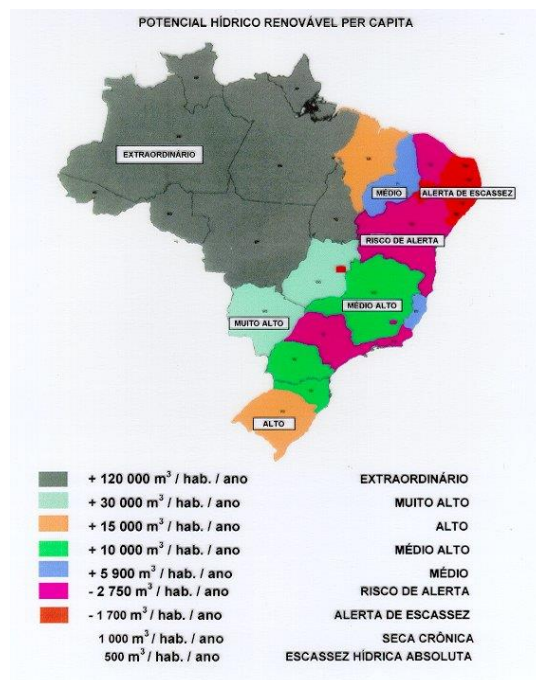
Nota Técnica n° 113/2007/GEREG/SOF-ANA (Proton n° 5847/2007). Disponibilidade Hídrica em Pequenas Bacias.

Nota Técnica n° 6/2012/GEREG/SRE/ANA – Disponibilidade hídrica em pequenas bacias – rio Urucuia

Disponibilidade

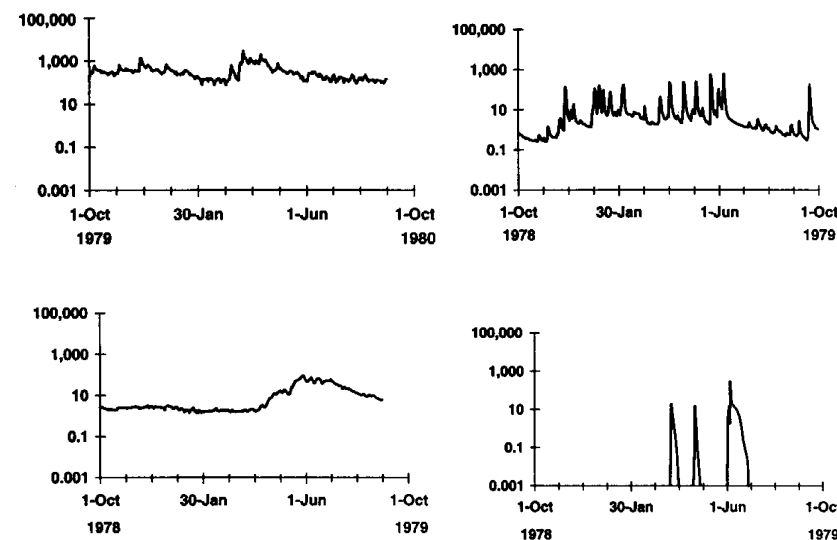
Distribuição espacial

Brasil possui
20% água doce superficial
↳ 80% Amazônia



Distribuição temporal

- Estiagem
- Chuva



[Análise de Balanço Hídrico](#)
[Leiam Parte III – Item 1](#)
[página 35](#)

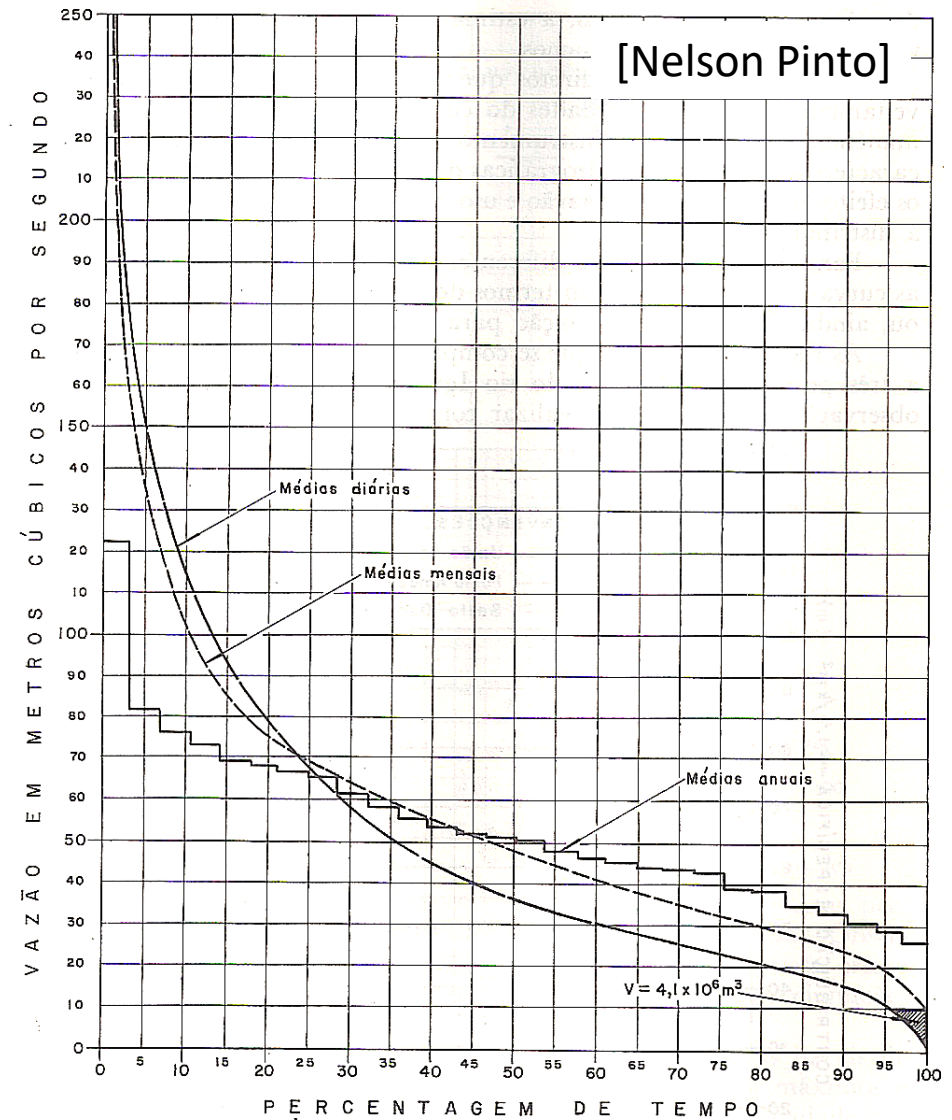


Curva de permanência

com vazões médias
anuais, mensais e
diárias

Disciplina TH024-Hidrologia
[Curva de Permanência](#)

PR: Q 95%



Vazão por região



Tabela 2 – Disponibilidade hídrica, vazões médias e de estiagem¹²

Região Hidrográfica	Vazão média (m ³ /s)	Disponibilidade hídrica (m ³ /s)	Estiagem - Q ₉₅ (m ³ /s)
Amazônica	132.145	73.748	73.748
Tocantins-Araguaia	13.799	5.447	2.696
Atlântico Nordeste Ocidental	2.608	320	320
Parnaíba	767	379	294
Atlântico Nordeste Oriental	774	91	32
São Francisco	2.846	1.886	852
Atlântico Leste	1.484	305	252
Atlântico Sudeste	3.162	1109	986
Atlântico Sul	4.055	647	647
Paraná	11.414	5.792	3.901
Uruguai	4.103	565	394
Paraguai	2.359	782	782
Brasil	179.516	91.071	84.904

Vazão média e população



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

ANA. 2005. Caderno de Recursos Hídricos – Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil.

Vazão de alguns rios brasileiros

Rio	Vazão (m ³ /s)
Rio Amazonas (Rio Amazonas)	209000
Rio Solimões (Rio Amazonas)	103000
Rio Madeira (Rio Amazonas)	31200
Rio Negro (Rio Amazonas)	28400
Rio Japurá (Rio Amazonas)	18620
Rio Tapajós (Rio Amazonas)	13500
Rio Purus (Rio Amazonas)	11000
Rio Tocantins (Rio Tocantins)	11000
Rio Paraná (Rio Paraná)	11000
Rio Xingu (Rio Amazonas)	9700
Rio Içá (Rio Amazonas)	8800
Rio Juruá (Rio Amazonas)	8440
Rio Araguaia (Rio Tocantins)	5500
Rio Uruguai (Rio Uruguai)	4150
Rio S. Francisco (Rio S. Francisco)	2850
Rio Paraguai (Rio Paraná)	1290

Fonte: Portal Amazônia

Sub-bacia	Área (km ²)	Vazão (m ³ /s)		
		Q _{95%}	Q _{60%}	Q _{38%}
Rio Iraí	164	0,48	1,82	3,16
Rio Piraquara	102	0,30	1,14	1,97
Rio Atuba	14	0,04	0,15	0,27
Rio Palmital	29	0,09	0,33	0,57
Rio Barigui	64	0,19	0,71	1,23
Alto Iguaçu	1285	2,82	10,68	18,49

Fonte: Plano da Bacia do Alto Iguaçu e afluentes do Ribeira

Disponibilidade hídrica dos sistemas aquíferos

Sistemas aquíferos- Poroso

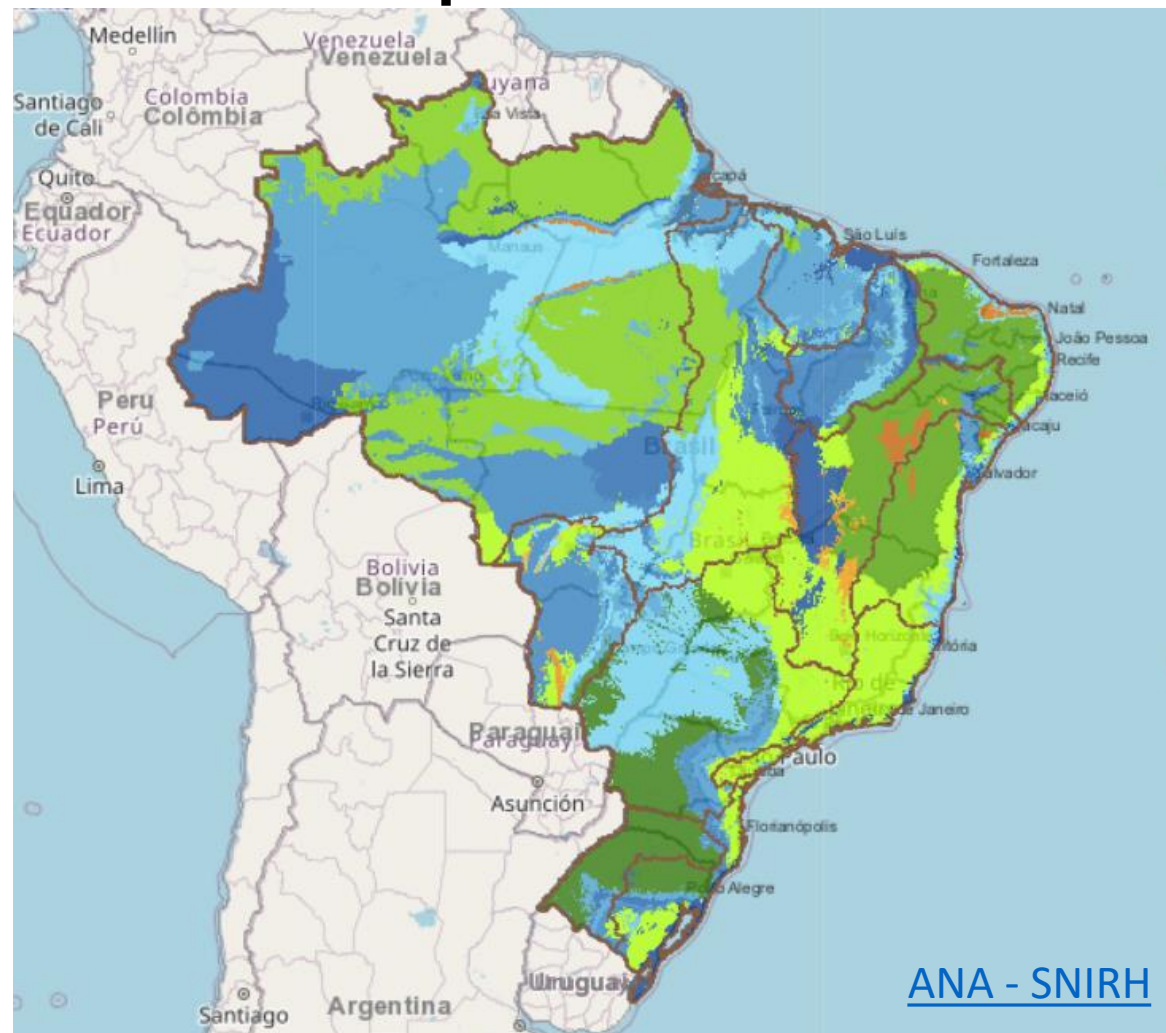
- 1 - Alexandra-Guaraqueçaba
- 2 - Algodoads
- 3 - Alter do Chão
- ⋮
- 150 - Litorâneo Sul
- 151 - Santo Amaro

Sistemas aquíferos- Cárstico

- 152 - Acauã
- 153 - Araras
- 154 - Araxá Cárstico
- ⋮
- 176 - Canastra Cárstico
- 177 - Barroso

Sistemas aquíferos - Fraturado

- 178 - Serra Geral
- 179 - Fraturado Norte
- 180 - Fraturado Semiárido
- 181 - Fraturado Centro-Sul





Aquífero Subterrâneo	Abrangência	Volume de água
<u>ALTER DO CHÃO</u>	Amazonas, Pará e Amapá	86.000 m ³
GUARANI	Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai	45.000 m ³

Qual a explicação de ter mais volume no aquífero Alter do Chão que no Guarani?



<https://www.youtube.com/watch?v=cw5E3fvIFP>

Diamante que indica a presença de um vasto reservatório de água

Aquela área da Terra pode ter tanta água quanto todos os oceanos juntos



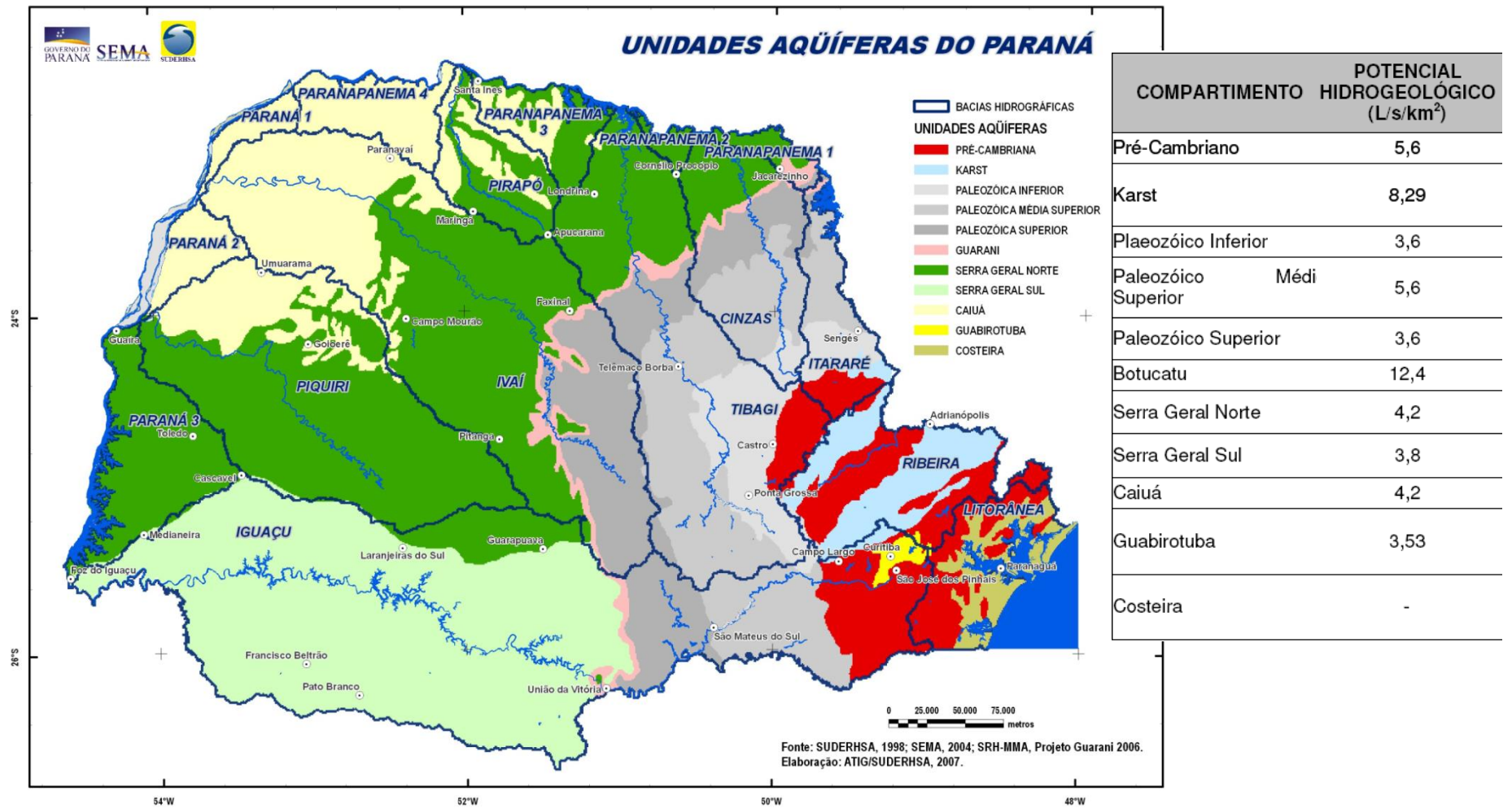




Tabela 02: Poços outorgados pela SUDHERSA.

Bacias Hidrográficas	Vazão Máxima (m ³ /h)	Vazão média. (m ³ /h)	Vazão mínima (m ³ /h)	Número de Poços
Cinzas	200,0	17,2	0,6	76
Iguaçu (Serra Geral Sul)	250,0	7,3	0,0	1144
Ivaí	185,0	9,8	0,0	1288
Paraná 1	61,0	33,0	6,0	3
Paraná 2	27,5	16,3	5,0	2
Paraná 3	190,0	11,0	0,0	1167
Paranapanema 1	150,0	16,7	0,5	29
Paranapanema 2	50,0	14,2	0,7	12
Paranapanema 3	132,0	18,8	1,5	98
Paranapanema 4	80,0	19,8	1,2	20
Piquiri	130,0	10,1	0,0	931
Pirapó	100,0	8,0	0,0	620
Tibagi	172,0	13,9	0,0	516
MÉD. TOTAL (m³/h)	-	10,1	0,0	5906

Fonte: SUDERHSA (2010)



Exercício:



Para os valores de vazão da Tabela (slide anterior), para rios Iraí, Piraquara, Atuba, Palmital e Barigui, considerando a vazão máxima outorgável, calcule a população que poderia ser abastecida para um consumo per capita de 150 L/d.

Quantidade no sistema de abastecimento



Quantidade

- Vazão correspondente ao dia de demanda máxima para o alcance do plano
- Estudo hidrológico:
 - Regime de Q
 - Variação da cota do nível de água (mín e máx)
 - Vazão de estiagem: Q mínima para o tempo de retorno (Tr) adequado
 - Q enchente
 - Construção de barragens ou de elevação do nível
 - Problema de inundação da área
 - Obras de proteção da seção do rio

NBR 12211
Anexo C

Fluviograma de ano estivo

Fluviograma do ano em que ocorre a vazão de estiagem

Hidroweb (ANA)

Dados de monitoramento (cota, vazão, qualidade da água, sedimento)

SIRH (IAT)

Dados de monitoramento no estado do PR

Instrumento da Política de Recursos Hídricos:

Outorga de Direito de Uso da Água

- Ato administrativo
- Poder Público permite, por prazo determinado, o uso de recursos hídricos.
 - No Paraná: Instituto Água e Terra
 - RH de domínio Federal: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA
- Tipos de outorga
 - Outorga prévia
 - Outorga de direito
- Desistência de uso
 - Comunicar
- Normas Gerais de Outorga, Manual de Outorga, pode diferenciar por estado/local

[Manual de Outorga ANA](#)

[Outorga -PR](#)

[Manual - PR](#)



No Estado do Paraná

Portaria SUDERHSA nº 19/2007

Estabelece as normas e procedimentos administrativos para a análise técnica de requerimentos de Outorga Prévia (OP) e de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos (OD) para os empreendimentos de saneamento básico.

Manual de Outorga do Paraná 2007 – Instituto das Águas

Atual IAT – Instituto Água e Terra (Instituto das Águas do Paraná, antiga SUDERHSA)

Análise Técnica

Finalidades de Uso:

- CONSUMO HUMANO E ABASTECIMENTO PÚBLICO
- PROCESSO INDUSTRIAL
- IRRIGAÇÃO
- PISCICULTURA
- DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS
- OUTRAS FINALIDADES



Tabela dos Prazos Máximos da Outorga Prévia e de Direito

Fonte: Normas Gerais de Outorga do Paraná, 2010

Finalidades	Outorga Prévia Prazo Máximo	Outorga de Direito Prazo Máximo
1. Captação		
1.1 Abastecimento Público	3 anos	10 anos
1.2 Consumo Humano*	2 anos	10 anos
1.3 Outras finalidades	2 anos	10 anos
2. Lançamento de Efluentes		
2.1 Diluição de Efluentes	2 anos/3 anos**	6 anos
3. Aproveitamento Hidrelétrico		
3.1 Geração de energia	5 anos	35 anos
4. Intervenções e Obras		
4.1 Canalização e/ou Bueiro	2 anos	35 anos
4.2 Retificação	2 anos	35 anos
4.3 Ponte	2 anos	35 anos
4.4 Barragem	2 anos/3 anos**	35 anos
4.5 Dragagem	2 anos	5 anos
4.6 Proteção de leito/margem	2 anos	35 anos
4.7 Lançamento concentrado de águas pluviais ***	-	35 anos



CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUPERFICIAL

Fonte: Manual de Outorga do Paraná

Finalidade de uso: CONSUMO HUMANO E ABASTECIMENTO PÚBLICO

Vazão Outorgável

$$Q_{outorgável,i} = 0,5(Q_{95\%})_i - Q_{nãodisponível,i}$$

$$Q_{nãodisponível,i} = \sum Q_{outorgadas,m} + \sum Q_{outorgadas,j}$$

[Outorga -PR](#)

[Manual - PR](#)

$Q_{outorgável,i}$ - vazão máxima que pode ser outorgada na seção i do corpo hídrico;

$(Q_{95\%})_i$ - vazão natural com permanência de 95% do tempo na seção i;

$\sum Q_{outorgadas,m}$ - somatória das vazões outorgadas a montante da seção i;

$\sum Q_{outorgadas,j}$ - somatória das vazões outorgadas a jusante, que dependem da vazão na seção i.



Problema



A vazão média observada num rio paranaense foi de $7,75 \text{ m}^3/\text{s}$, a mínima observada de $2,70 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{95\%}$ de $3,62 \text{ m}^3/\text{s}$. A vazão comprometida é de $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Escreva seu parecer para o uso desse rio como manancial para uma vazão de captação igual a:

- a) $1,20 \text{ m}^3/\text{s}$.
- b) $4,00 \text{ m}^3/\text{s}$.

CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Análise Técnica

Autorização para:

Outorga Prévia

perfuração do poço

Outorga de Direito

captação do poço

Análise de:

Potencialidade em termos de vazão média e capacidade específica média do aquífero

Concentração de poços existentes no local e proximidades

Projeto do poço que deve estar compatível com a vazão solicitada e com o tipo de aquífero e quanto a proteção sanitária

Vazão calculada no teste de vazão

Demanda solicitada (regime de bombeamento entre 10-20h/d)

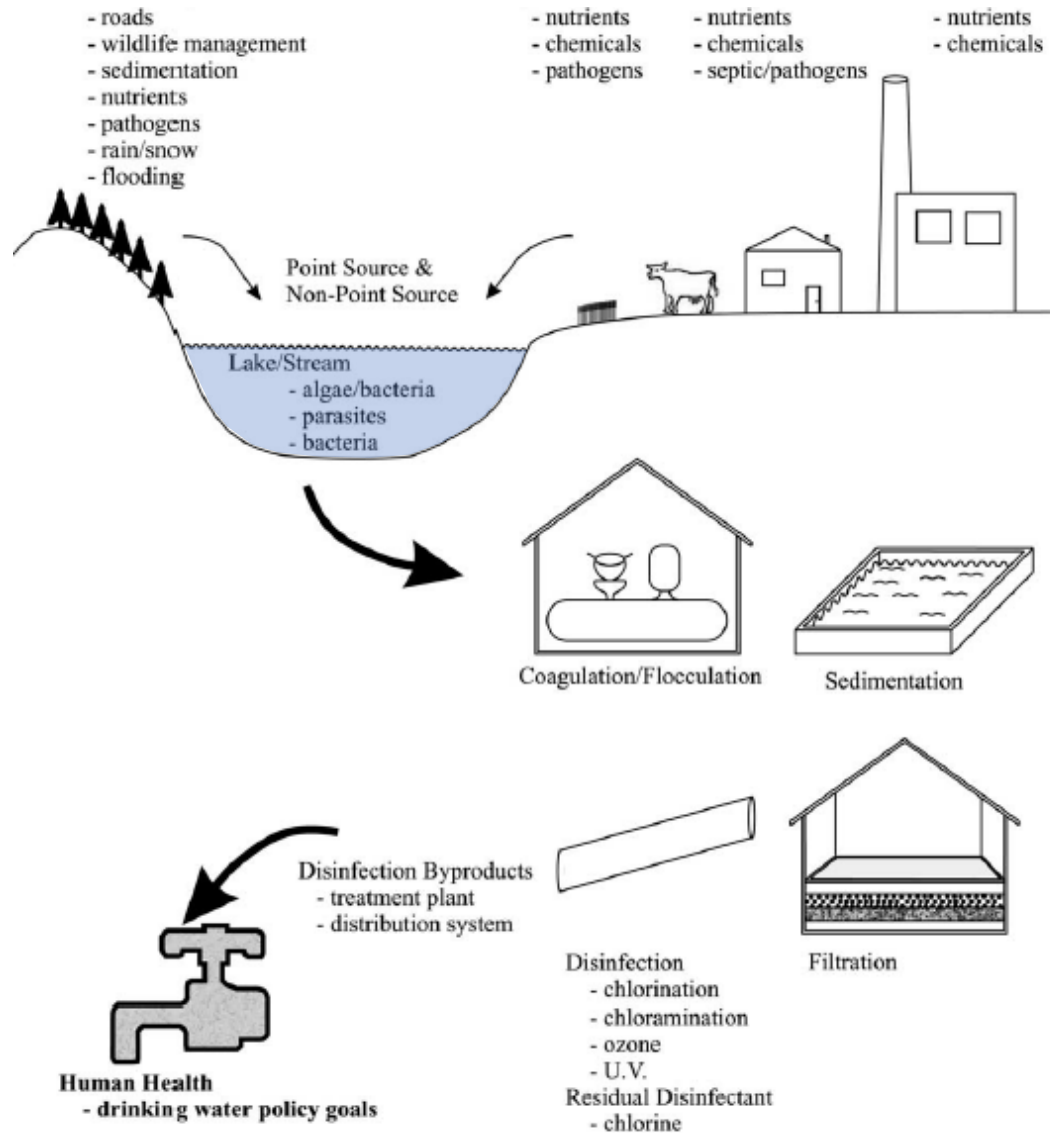
Laudos da análise dos Parâmetros Físico-Químicos e Bacteriológicos

Qualidade da água da fonte de água



- ↓ Qualidade
- ↑ Risco à saúde pública
- ↑ Custo de tratamento
- ↑ Custo: Abandono do manancial, fontes mais distantes

**Importante:
PROGNÓSTICO**





Qualidade da água da fonte

Exigências:

- Água livre de organismos patogênicos → Evitar doenças infecciosas que afetam toda população e que podem gerar epidemias e ser fatal
- Água com parâmetros químicos prejudiciais abaixo do limite permitido e parâmetros físicos dentro de uma faixa aceitável. → Tende a ser um risco à saúde a longo prazo (com exceção de cianeto e nitrato)
- Água com compostos radioativos abaixo do limite permitido
- Esteticamente aceitável dentro da percepção de consumidores → Cor, odor e sabor



Qualidade da água da fonte

- Inspeção sanitária do local
 - Uso do solo (agentes poluidores)
- Condições futuras
 - Crescimento de agentes poluidores?
- Importante monitoramento da qualidade da água
 - Variações bruscas na qualidade podem impactar o tratamento
- Importância da proteção dos mananciais
 - Primeira Barreira para um abastecimento seguro – Segurança para a população
 - Reduz custo de tratamento

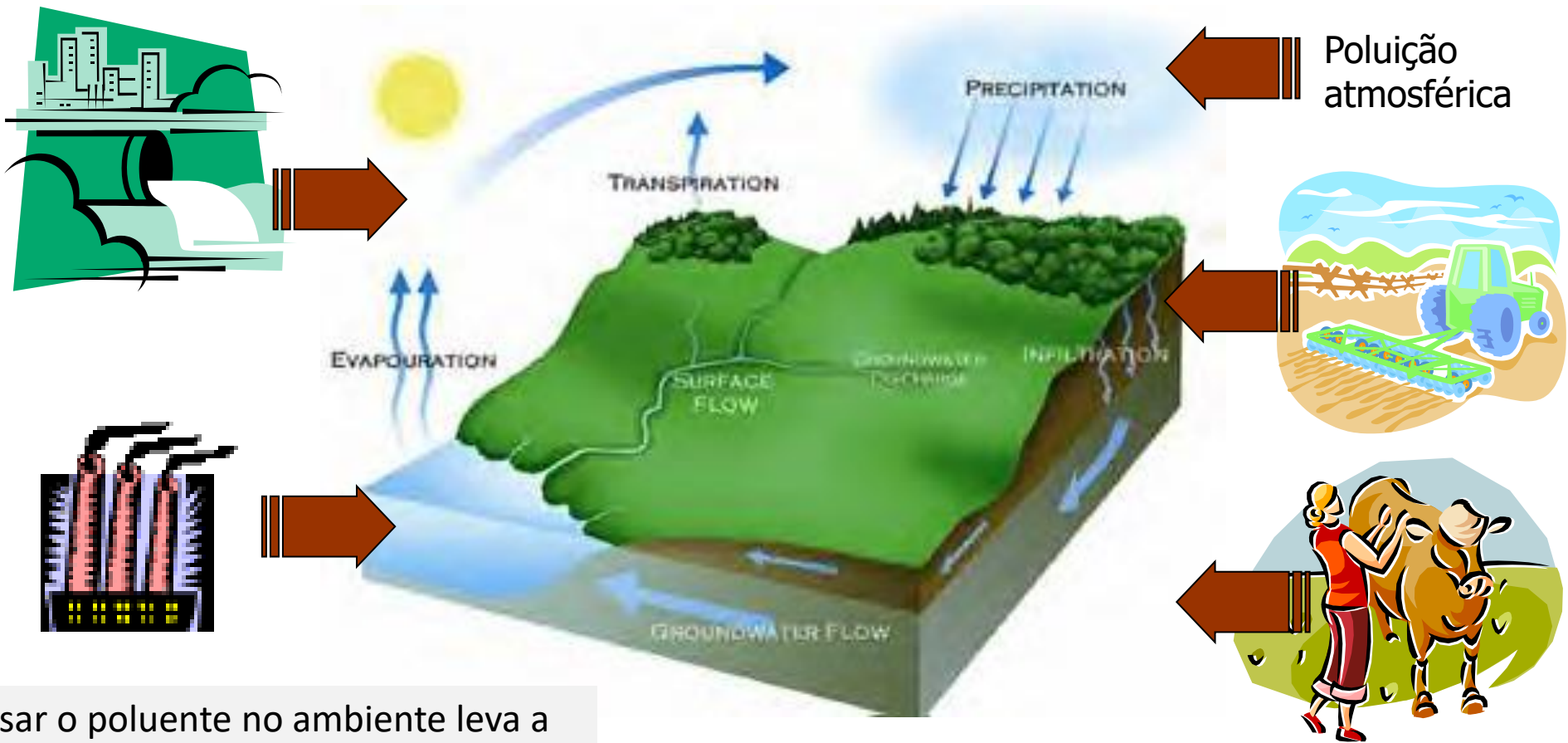
Fontes de poluição AGENTES POLUIDORES

ATUAL E
FUTURO

Fontes pontuais

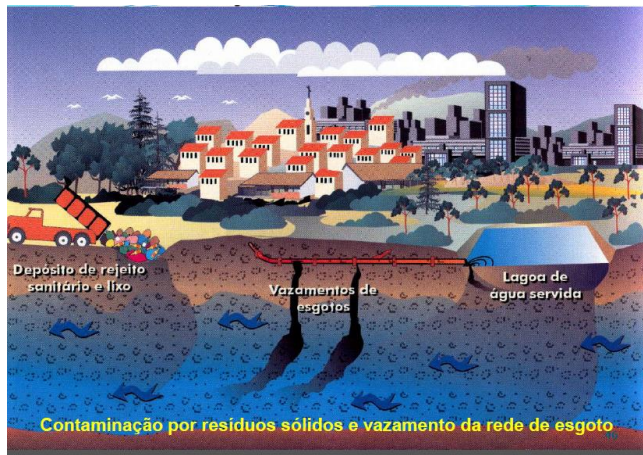
Condições naturais x interferência antrópica

Fontes difusas



Dispersar o poluente no ambiente leva a grande risco à saúde e maior custo!

Contaminação das águas subterrâneas

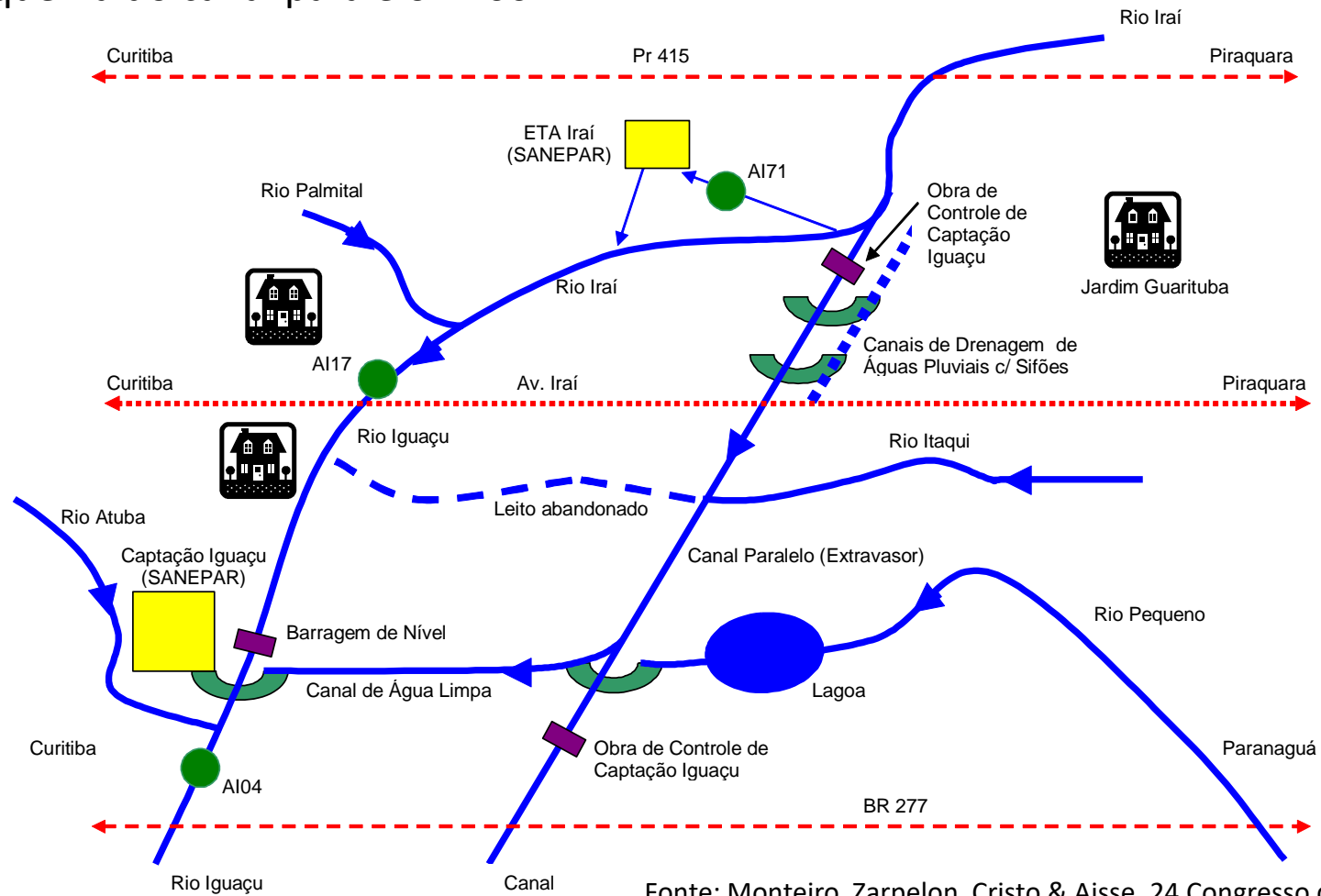


Quanto tempo se leva para recuperar um aquífero subterrâneo?



Fonte das figuras: EPUSP – PHD2412

Esquema do canal paralelo - 2001



Fonte: Monteiro, Zarpelon, Cristo & Aisse, 24 Congresso da ABES

Captação no rio Iguaçu - Sanepar



Monteiro *et al.* (2007)



Qualidade da água



Não há como dissociar quantidade da qualidade.

Crises hídricas



Crises da água

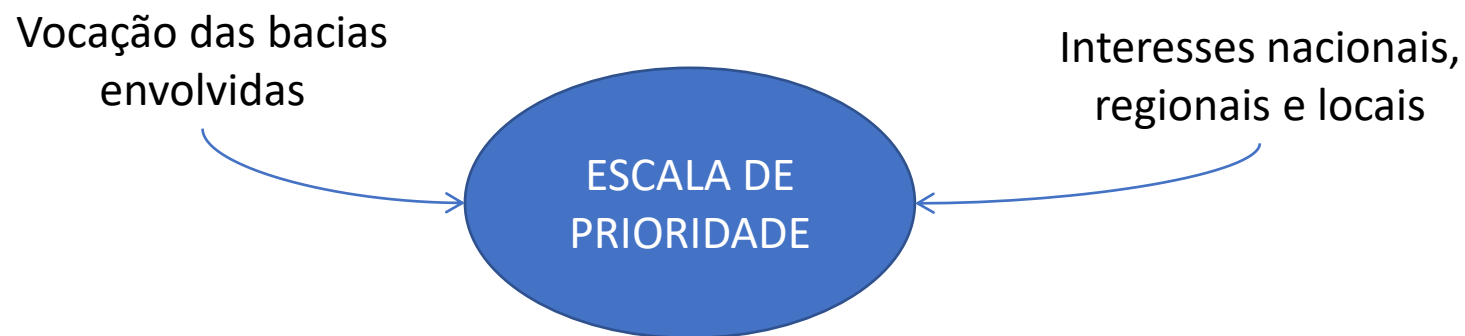
ATUAR NAS
CAUSAS

- Os conflitos pelo uso da água são decorrentes de:
 - Aspectos da quantidade e qualidade no tempo e local da demanda
 - Desequilíbrio entre os usos múltiplos
 - Eventos extremos
 - Desmatamento
 - Falta de planejamento territorial
 - Falta de investimento em infraestrutura hídrica
 - Falta de saneamento básico

Usos prioritários

Recursos hídricos: usos múltiplos simultâneos

- Compatibilização dos usos
- **Instituição de uma escala de prioridade**
- Instituição de uma regra para rateio de custo de obras hidráulicas e serviços decorrentes



Em **situação de escassez**, o uso prioritário dos recursos hídricos (Lei 9433/97, art1º, III):

- **Consumo humano (necessidades mínimas: beber, comer, higiene pessoal)**

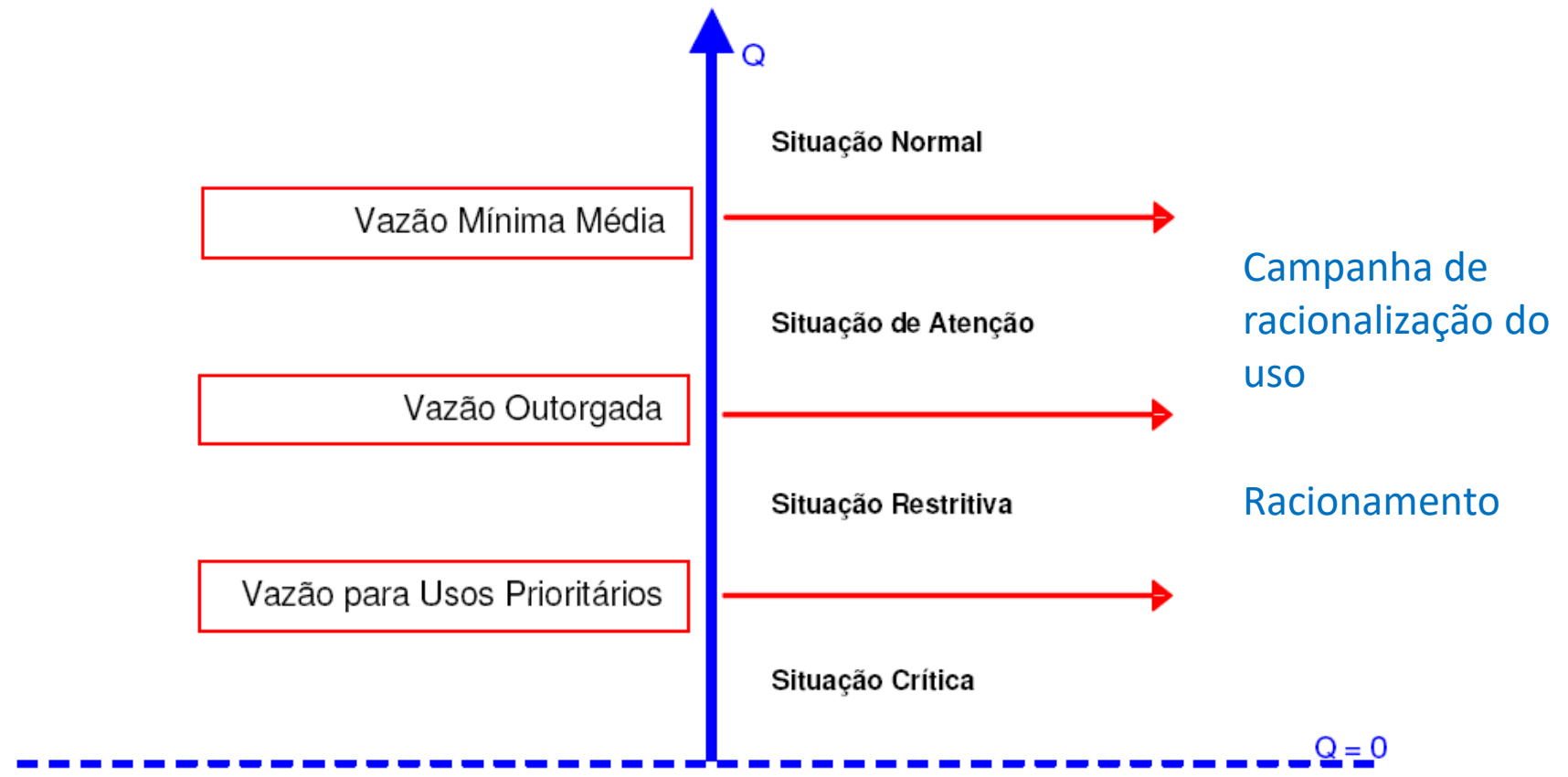
- Dessedentação de animais

Suspender parcial ou totalmente as outorgas que prejudiquem esses usos (art.15, V)



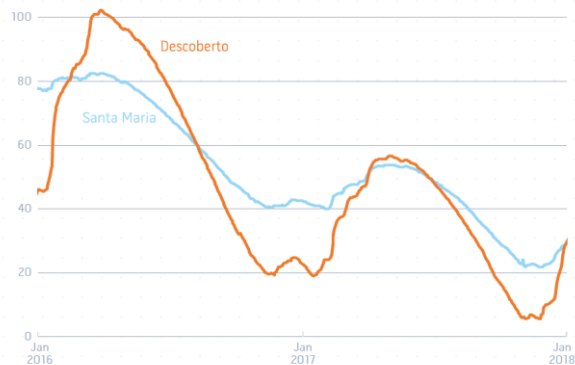
Procedimentos para Situações de Racionamento

Disponibilidade Hídrica

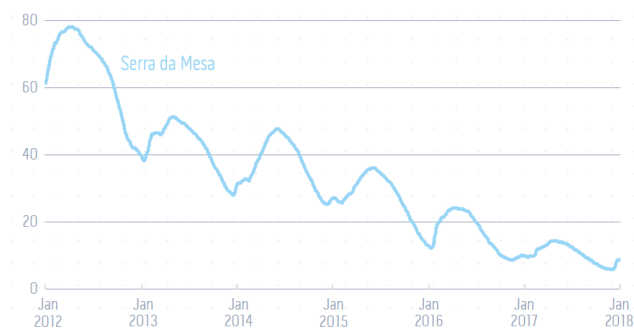




VOLUME ÚTIL ARMAZENADO NOS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO DE BRASÍLIA Em %

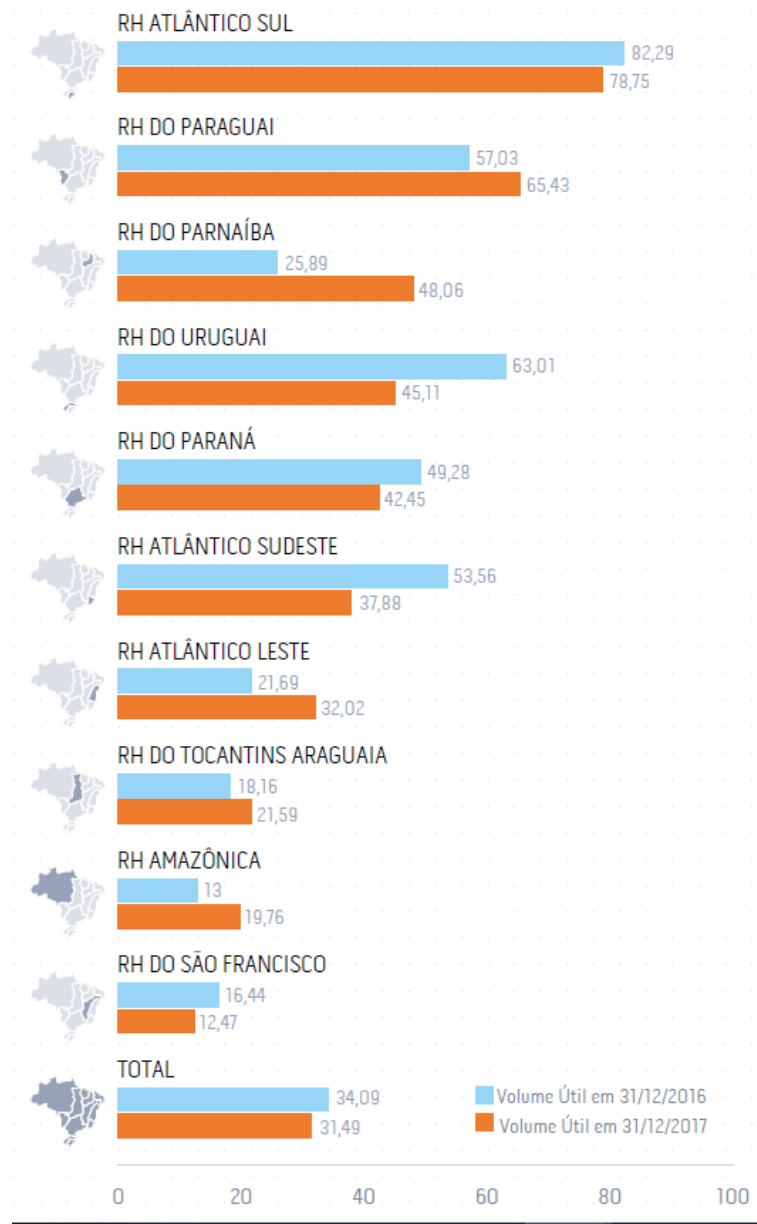


VOLUME ÚTIL ARMAZENADO NA UHE SERRA DA MESA Em %



Conjuntura dos RH 2018

Volume útil armazenado nos reservatórios do SIN





PNSH

Plano Nacional de Segurança Hídrica

ANA e o Ministério da Integração Nacional

Definir principais intervenções estruturantes:

- Barragens
- Sistemas adutores
- Canais
- Eixos de integração

Proteção de Mananciais



Mananciais - PR

Lei Estadual 8935 (07/03/89) - Dispõe sobre requisitos mínimos para as águas provenientes de bacias mananciais destinadas ao abastecimento público.

Lei Estadual 12248 (31/07/98) – Cria o sistema integrado de gestão e proteção dos mananciais da RMC.

Decreto Estadual 6390 (05/04/2006) - Delimita as áreas de interesse de Mananciais de Abastecimento Público da Região Metropolitana de Curitiba.

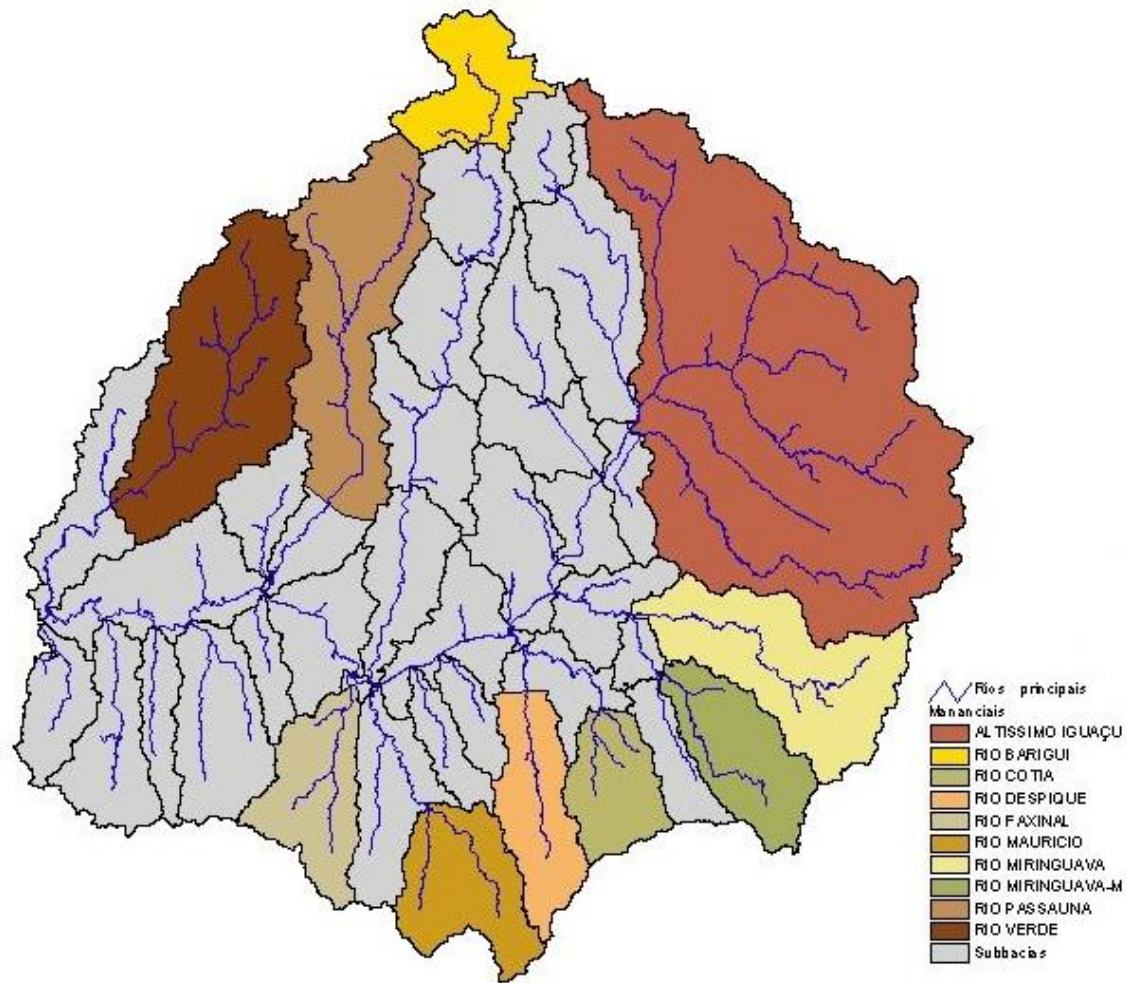
Coordenadas dos pontos de captação para abastecimento de água

Rio	Coordenadas UTM do ponto de captação	
	X	Y
Rio Passaúna	663.921 E	7.177.337 N
Rio Curral das Éguas	668.636 E	7.150.200 N
Altíssimo Iguaçú	682.030 E	7.180.336 N
Rio Cotia	679.880 E	7.161.282 N
Rio Verde	655.212 E	7.186.497 N
Rio Itaquí	643.361 E	7.183.352 N
Rio Despique	674.842 E	7.162.275 N
Rio Faxinal	662.658 E	7.161.207 N
Rio Maurício	669.530 E	7.153.366 N
Rio Miringuava	685.372 E	7.167.332 N
Rio Barigüi	672.424 E	7.201.344 N
Rio Cerro Azul	685.753 E	7.162.428 N

Fonte: Decreto Estadual 6390/06

Áreas de interesse de mananciais de abastecimento público da região metropolitana de Curitiba

Decreto Estadual
6390/06



Não perder mananciais

Causas das perdas:

Desmatamento

Assoreamento

Uso e ocupação da terra → Poluição

Falta de recarga do aquífero subterrâneo

Diminuir o risco à saúde pública:

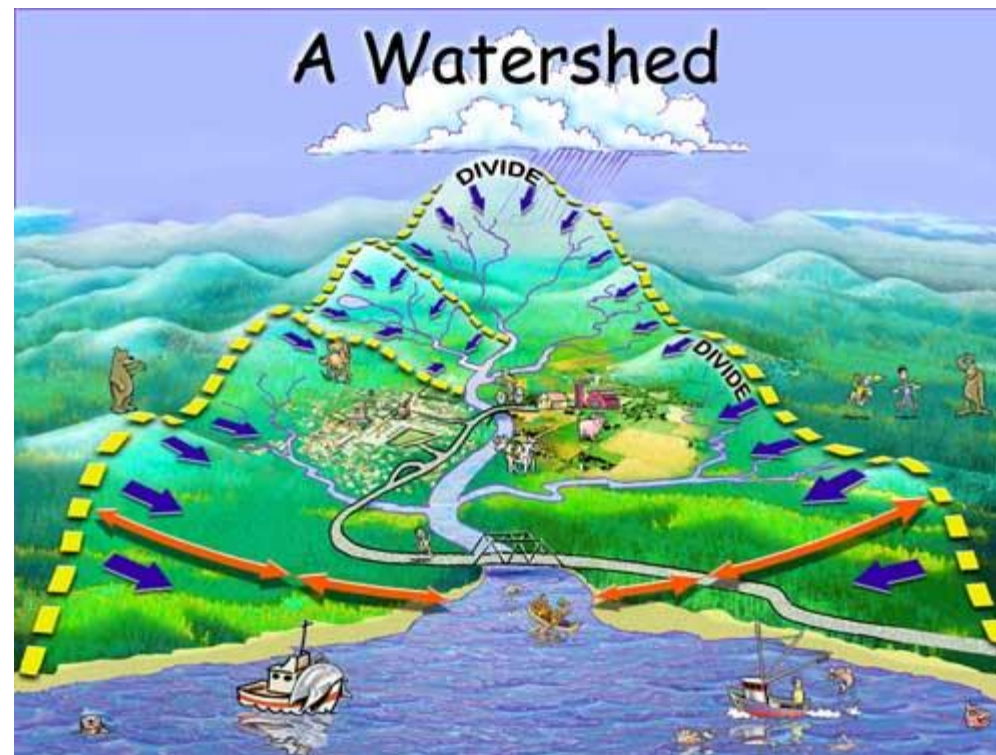
Fontes mais puras →

menor exigência de tratamento →

Menor risco com subprodutos →

maior segurança a saúde pública →

menor custo (tanto para tratar a água, quanto para tratar o ambiente, quanto para tratar da saúde das pessoas)



Aquíferos subterrâneos

- Garantir recarga
- Proteger da poluição

Página 18

A [contaminação](#) quando ocorre nos aquíferos subterrâneos é muito mais lenta e os custos para recuperação podem ser proibitivos.

A fonte de **recarga** natural para a maioria dos **aquíferos** é a precipitação, onde a infiltração ocorre nas regiões denominadas de áreas de **recarga**.

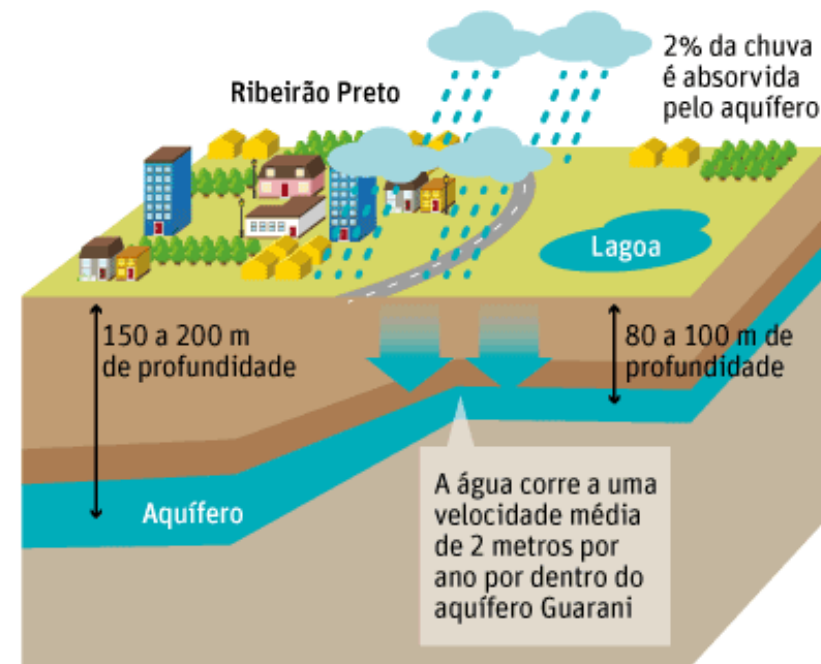
ÁREAS DE RECARGA DO AQUÍFERO GUARANI

Lagoas e áreas verdes são importantes para 'levar' água ao subsolo

O que são áreas de recarga?

Regiões que têm a capacidade de absorver a água da chuva e levá-la até o lençol freático, onde está o aquífero Guarani

> Em Ribeirão Preto, a área está concentrada na zona leste

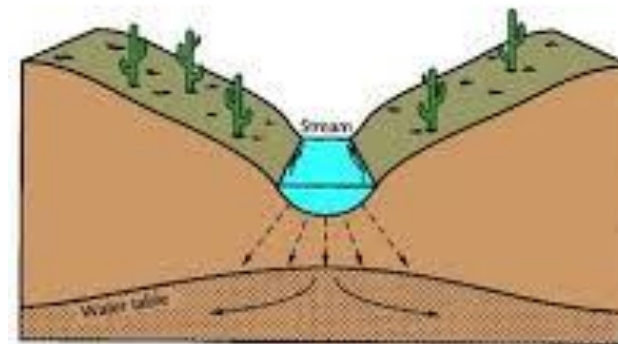
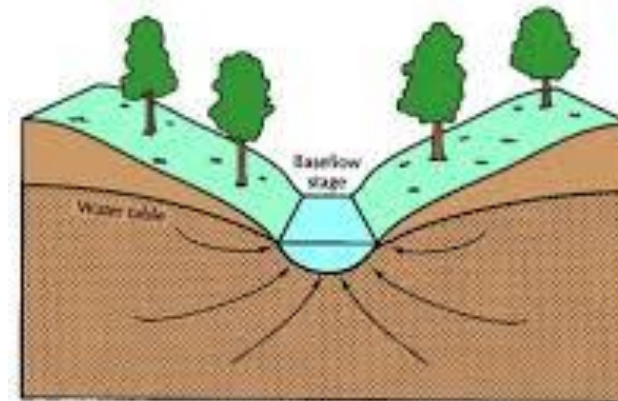


Fonte: DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica)



Ciclo da água

Estiagem prolongada



Águas Subterrâneas (DRM)



Ler!