ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

POR QUE AINDA SE TENTA RESTRINGIR O USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL?

Luis Eduardo Grisotto
Diretor ABES-SP

Novembro de 2018

ABES

ATLAS

ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA

PLANEJAMENTO DA OFERTA DE ÁGUA NO BRASIL

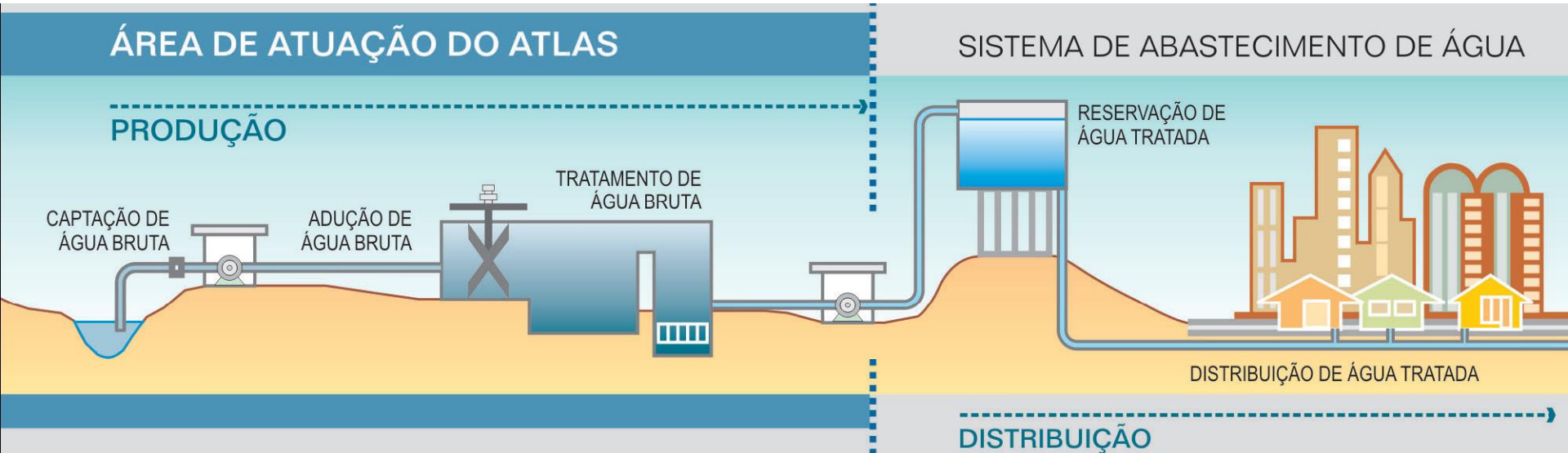
Agência Nacional de Águas - ANA

Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR

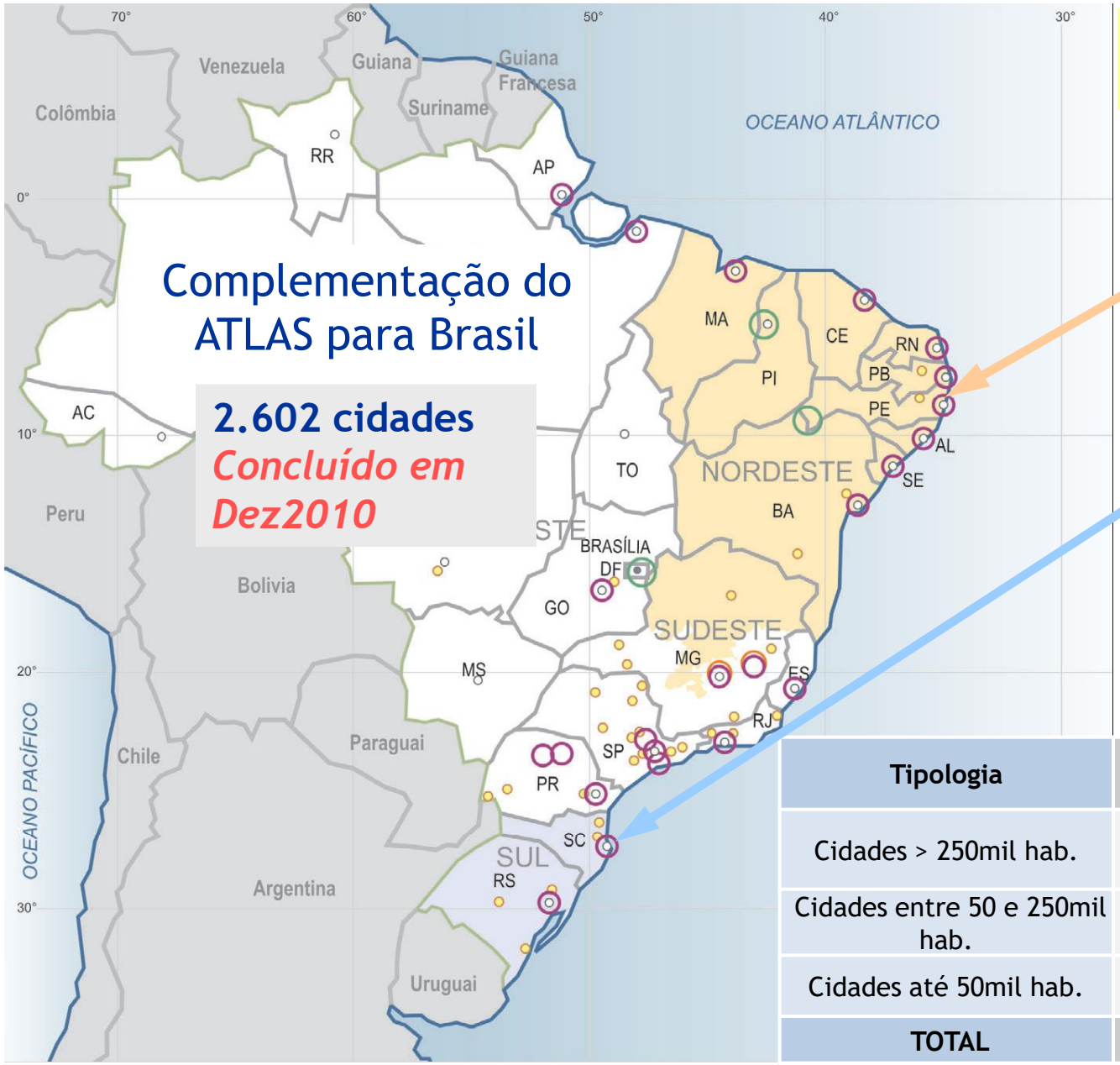
Brasília, 2011

O QUE É O ATLAS?

- OBJETIVO Garantia da oferta de água para o abastecimento das sedes urbanas do país – **SEGURANÇA HÍDRICA**
- ETAPAS – Diagnóstico e Planejamento → Produção de água e tratamento de esgotos
- PARCEIROS – Órgãos de recursos hídricos e saneamento (União, Estados e municípios)
- PRODUTO FINAL Portfólio de ações e investimentos para o atendimento das demandas de cada município até 2025



HISTÓRICO



Complementação do ATLAS para Brasil

2.602 cidades

Concluído em Dez2010

ATLAS REGIÕES METROPOLITANAS

Grandes centros urbanos

430 cidades

Concluído em Dez2009

ATLAS NORDESTE

Foco no Semi-árido

1.892 cidades

Atualizado em Dez2009

ATLAS SUL

789 cidades

Concluído em Dez2009

100% R.H. do Uruguai e 97% do Atlântico Sul

Tipologia	Número de municípios	População Milhões Hab.
Cidades > 250mil hab.	77	66,8
Cidades entre 50 e 250mil hab.	335	37,9
Cidades até 50mil hab.	5.153	46,7
TOTAL	**5.565**	**151,4**

DEMANDAS

- Demandas Urbanas: **2005: 494 m^3/s**

  2015: 570 m^3/s

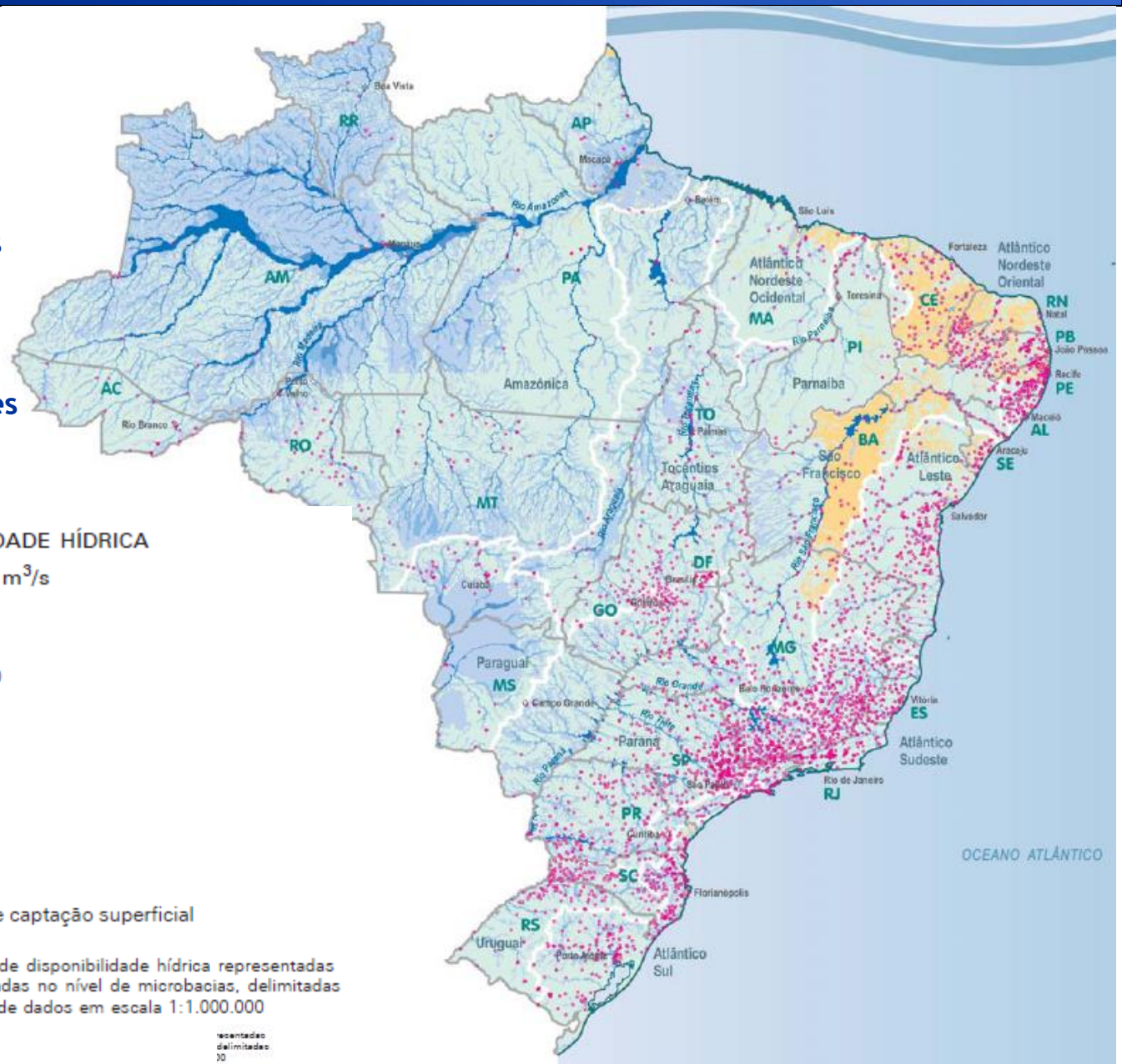
  2025: 630 m^3/s

Regiões SUDESTE e NORDESTE: **71%** da demanda do País

Região SUDESTE: 275 m^3/s ou **48%** do País

ÁGUAS SUPERFICIAIS

- 12 REGIOES HIDROGRAFICAS
- $Q_{95\%}$ = 91.071 m^3/s
- $Q_{média}$ = 179.516 m^3/s
- Exploração Atual = ~440 m^3/s
- 2.614 municípios com captações superficiais (47%)
- 757 municípios com captações mistas (sup+subt) - 14%



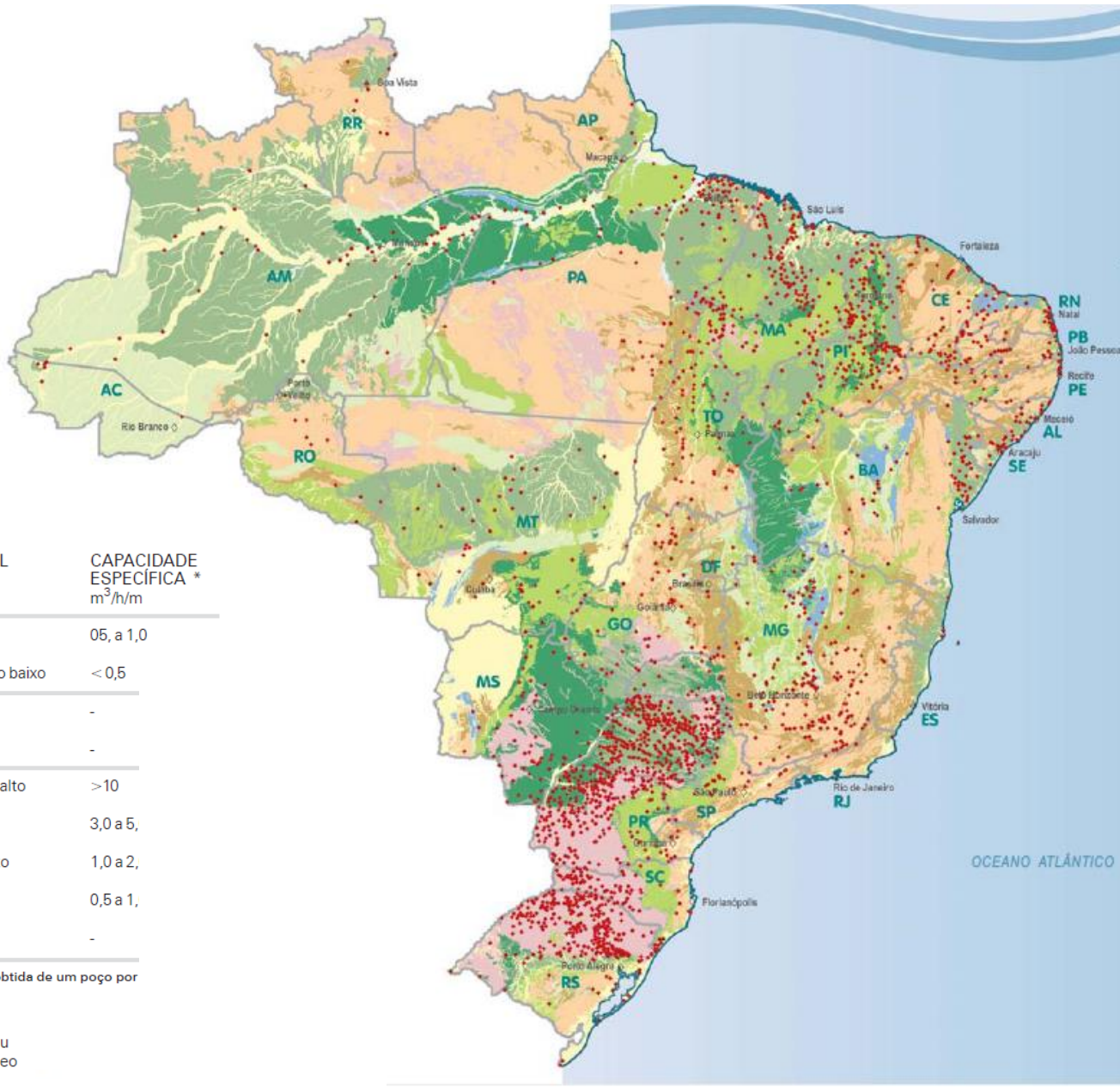
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

- Reservas Renováveis de Água Subterrânea = 42.300 m^3/s
- 24% do escoamento médios dos rios
- 46% da disponibilidade hídrica superficial
- Exploração Atual = 90 m^3/s
- 2.153 municípios com captações subterrâneas (39%)

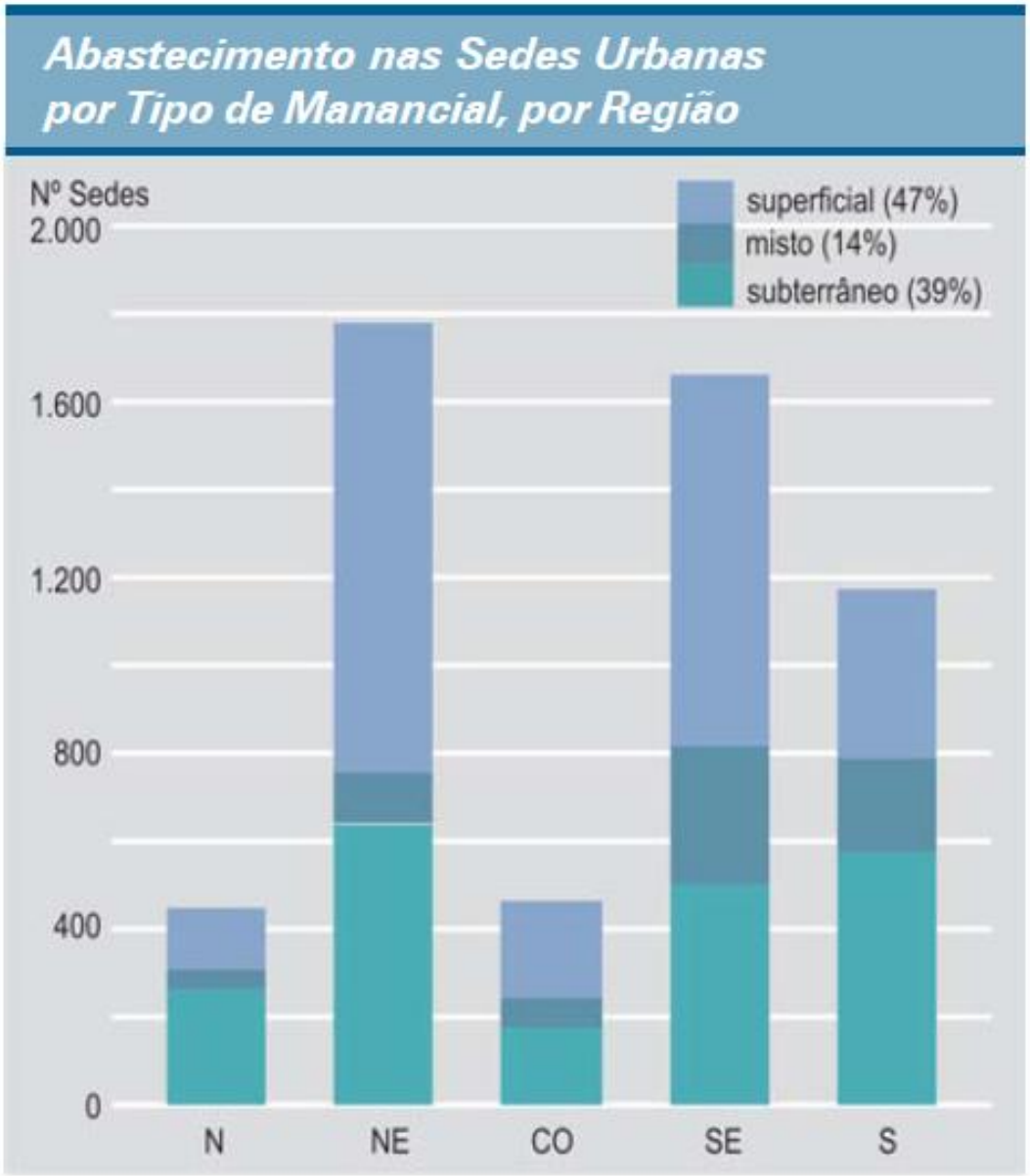
DOMÍNIO	POTENCIAL HÍDRICO	CAPACIDADE ESPECÍFICA * $m^3/h/m$
Fraturado	baixo	05, a 1,0
	baixo a muito baixo	< 0,5
Vulcânico	variável	-
Fraturado-Cárstico	variável	-
Poroso	muito alto a alto	>10
	alto a médio	3,0 a 5,
	médio a baixo	1,0 a 2,
	baixo	0,5 a 1,
	variável	-

* Capacidade Específica: vazão que pode ser obtida de um poço por de rebaixamento do nível d'água estático

• Sede urbana com captação exclusiva ou predominante em manancial subterrâneo



TIPOS DE CAPTAÇÕES POR REGIÃO



ES, RJ, PE, PB

>75% Sedes com Captações Superficiais

AC, AP, RO, AL, BA, CE, SE, GO, MG, SC, DF

Maioria das Sedes com Captações Superficiais

PI, MA, MS, PA, AM, RR, TO

Maioria das Sedes com Captações Subterrâneas

AQUÍFEROS COM ELEVADO POTENCIAL HÍDRICO

SIMPLICIDADE OPERACIONAL – PEQ PORTE

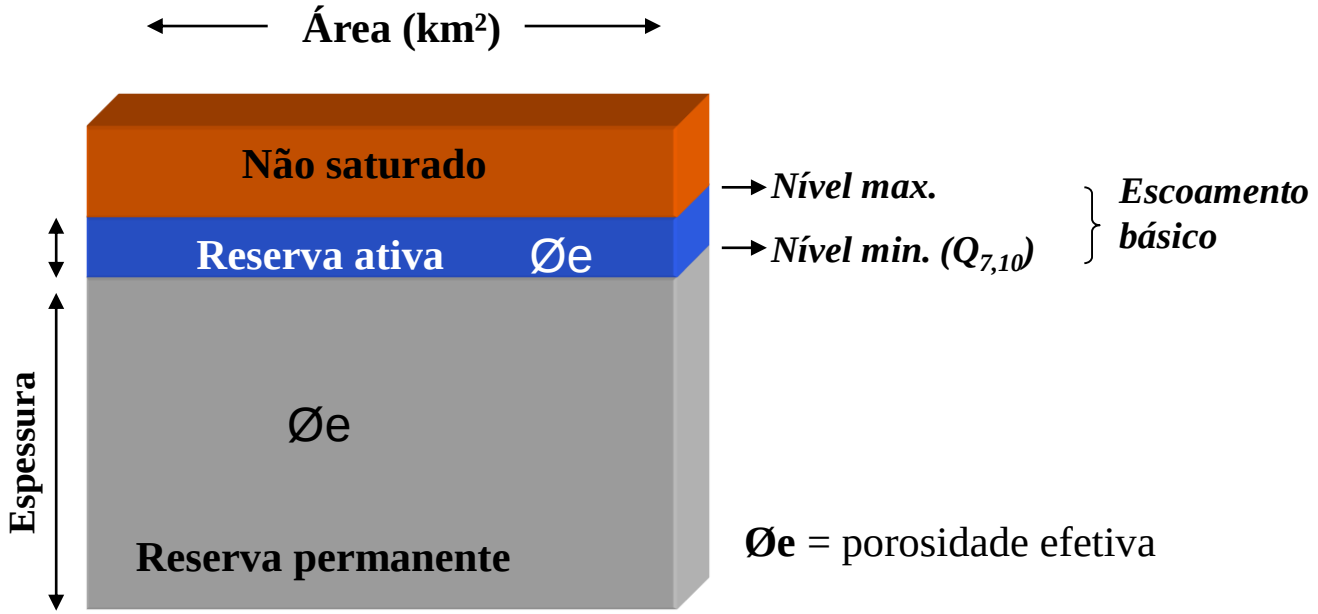
CAPTAÇÕES AGUAS SUBTERRANEAS

- **Sedes Abastecidas e Vazões - Domínios Hidrogeológicos:**
  - Poroso = 51% das sedes → 63% da Vazão
  - Fraturado = 49% → 37% da Vazão
- **Principais sistemas aquíferos do Domínio Poroso:**
  - Bauru-Caiuá (SP, PR, MS, GO, MG): 361 sedes
  - Itapecuru (MA, PA) e Barreiras (Litoral): 205 sedes
- **Principais sistemas aquíferos do Domínio Fraturado:**
  - Centro-Sul: 272 sedes
  - Semiárido: 173 sedes
  - Fraturado-Vulcânico/Serra Geral (Região Sul): 546 sedes

CÁLCULO DE RESERVAS - MÉTODOS

Reserva ativa: o volume de água renovável anualmente no aqüífero, correspondente à recarga sazonal.

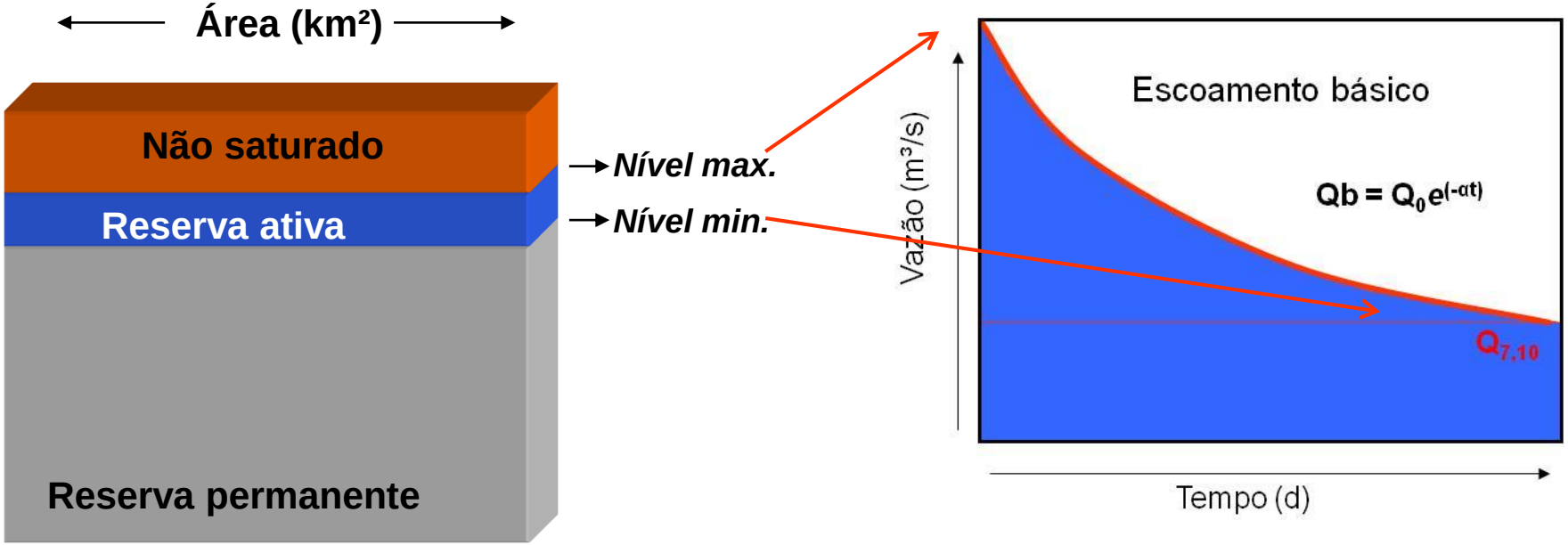
Reserva permanente: o volume de água acumulado no aqüífero, não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica.



Øe = porosidade efetiva

METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DA RESERVA ATIVA - **RA**

Reserva ativa: volume de água renovável anualmente no aqüífero, correspondente à recarga sazonal (ou ao *escoamento de base dos rios)*



RA = Qb - $Q_{7,10}$ (m³/ano)

Qb = escoamento de base

$Q_{7,10}$ = vazão mínima de 7 dias consecutivos e período de retorno de 10 anos.

RESERVA ATIVA - RA

- Cálculo da RA – Referência Básica

  - "Outorga Integrada - Águas superficiais e águas subterrâneas" Alexandre Liazi, Malva A. Mancuso, José Eduardo Campos, Gerôncio Rocha - XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

    - 22 UGRHIs do Estado de São Paulo
    - Aplicação do Modelo MERO
    - $RA = Q_{LT} - Q_{superficial} - Q_{7,10} - Q_{prof}$

      $RA = Q_b - Q_{7,10} - Q_{prof}$

    - Estado de São Paulo : RA = 237 m3/s = 0,95 L/s/km2 = 30 mm/ano

RESERVA ATIVA - RA

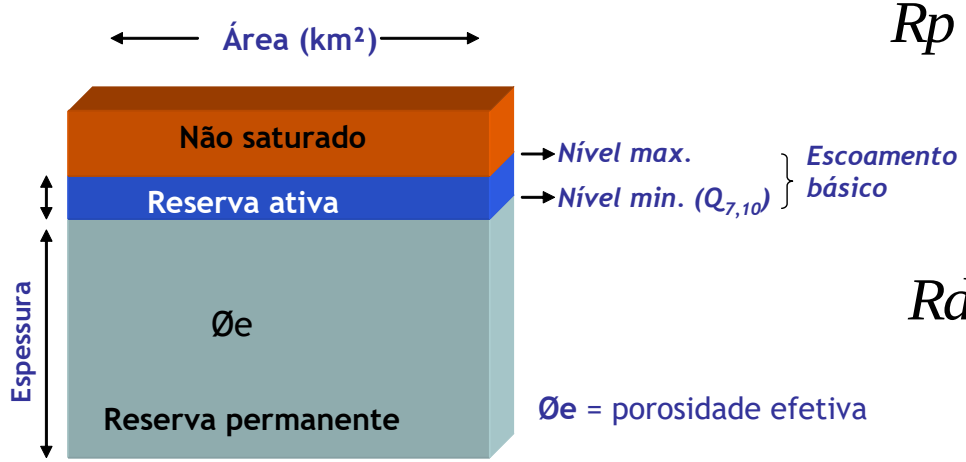
- ## Cálculo da RA – Referência Básica

UGRHI		Área (km^2)	P_{anual} (mm)	EVP (mm)	ESCOAMENTO (mm)				RA	
Nº	Nome				Q_{LT}	Q_b	$Q_{7,10}$	Prof.	(mm)	($L/s.km^2$)
01	Mantiqueira	675	1.950	921	1.029	468	327	51	89	2,81
02	Paraíba do Sul	14.444	1.410	938	472	208	157	24	27	0,84
03	Litoral Norte	1.948	2.680	947	1.733	599	437	87	75	2,39
04	Pardo	8.993	1.500	1.012	488	154	105	24	25	0,78
05	Piracicaba, Capivari, Jundiaí	14.178	1.382	999	383	142	96	19	28	0,87
06	Alto Tietê	5.868	1.449	997	452	156	108	23	26	0,82
07	Baixada Santista	2.818	2.670	934	1.736	605	426	87	92	2,93
08	Sapucaí / Grande	9.125	1.520	1.015	505	159	97	25	37	1,17
09	Mogi-Guaçu	15.004	1.420	1.001	419	147	101	21	25	0,80
10	Médio Tietê / Sorocaba	11.829	1.270	985	285	93	59	14	20	0,65
11	Ribeira do Iguape / Lit. Sul	17.068	1.811	840	971	420	298	49	73	2,33
12	Baixo Pardo / Grande	7.239	1.374	995	379	131	92	19	20	0,64
13	Tietê / Jacaré	11.779	1.310	1.050	260	142	107	13	22	0,69
14	Alto Paranapanema	22.688	1.291	936	355	164	117	18	30	0,94
15	Turvo / Grande	15.925	1.250	1.010	240	85	52	12	22	0,69
16	Tietê / Batalha	13.149	1.232	997	235	103	74	12	17	0,54
17	Médio Paranapanema	16.748	1.300	1.008	292	170	122	15	33	1,03
18	São José dos Dourados	6.783	1.250	1.013	237	84	56	12	16	0,51
19	Baixo Tietê	15.588	1.210	981	229	81	55	11	15	0,47
20	Aguapeí	13.196	1.220	988	232	103	67	12	24	0,77
21	Peixe	10.769	1.250	1.010	240	132	85	12	35	1,11
22	Pontal do Paranapanema	12.395	1.219	985	234	132	87	12	34	1,08
Estado de São Paulo		248.209	1.378	981	397	164	114	20	30	0,95

DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

método

Cálculo das reservas permanentes

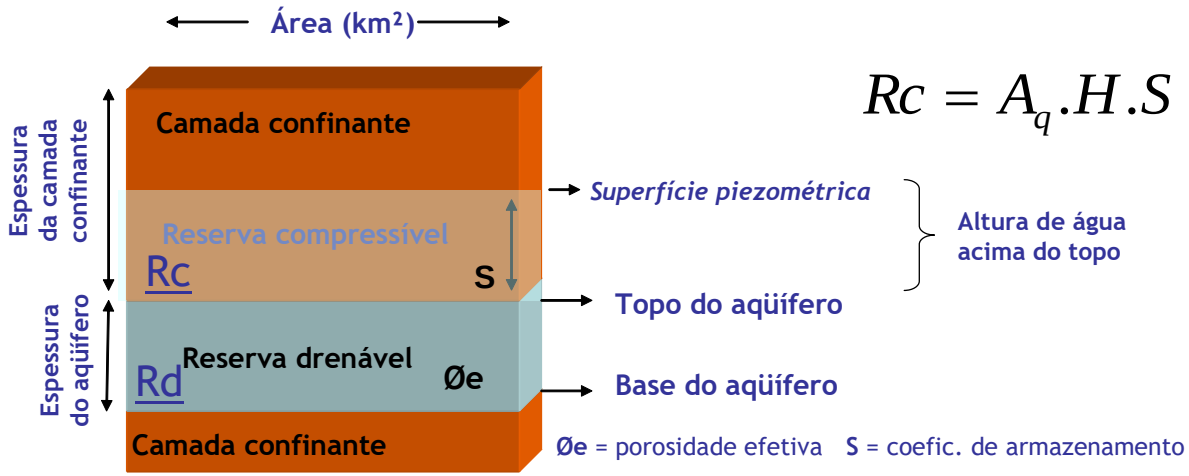


$$Rp = Rd + Rc$$

- **Rp** = reserva permanente
- **Rd** = reserva drenável
- **Rc** = reserva compressível

$$Rd = A_q . E . \phi e$$

- **Aq** = área de afloramento do aqüífero (km²)
- **E** = espessura média do aqüífero (km)
- **Øe** = porosidade efetiva (%)



$$Rc = A_q . H . S$$

- **Aq** = área de afloramento do aqüífero (km²)
- **H** = Altura de água acima do topo do aqüífero (km)
- **S**= Coeficiente de armazenamento

DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

Disponibilidades

Goiás: Reservas e disponibilidades calculadas

Localidade	Área Aquífero Livre (km²)	RESERVA PERMANENTE				DISPONIBILIDADES		Potencialidades Totais (L/s)
		Espessura (m)	Por. efetiva (%)	Reserva Drenável (m³)	Reservas Totais (m³)	Drd (0,002*Rd) (m³/ano)	Disp. Totais (m³/ano)	
Águas Lindas de Goiás	191	180	0,03	1,03E+09	1,03E+09	2,06E+06	2,06E+06	65
Anápolis	918	180	0,03	4,96E+09	4,96E+09	9,91E+06	9,91E+06	314
Aparecida de Goiânia	288	180	0,03	1,56E+09	1,56E+09	3,11E+06	3,11E+06	99
Cidade Ocidental	388	180	0,03	2,10E+09	2,10E+09	4,19E+06	4,19E+06	133
Formosa	5807	180	0,03	3,14E+10	3,14E+10	6,27E+07	6,27E+07	1.989
Goianápolis	162	180	0,03	8,75E+08	8,75E+08	1,75E+06	1,75E+06	55
Goianira	200	180	0,03	1,08E+09	1,08E+09	2,16E+06	2,16E+06	68
Goiânia	739	180	0,03	3,99E+09	3,99E+09	7,98E+06	7,98E+06	253
Hidrolândia	944	180	0,03	5,10E+09	5,10E+09	1,02E+07	1,02E+07	323
Luziânia	3962	180	0,03	2,14E+10	2,14E+10	4,28E+07	4,28E+07	1.357
Nerópolis	204	180	0,03	1,10E+09	1,10E+09	2,20E+06	2,20E+06	70
Novo Gama	192	180	0,03	1,04E+09	1,04E+09	2,07E+06	2,07E+06	66
Planaltina	2539	180	0,03	1,37E+10	1,37E+10	2,74E+07	2,74E+07	870
Senador Canedo	245	180	0,03	1,32E+09	1,32E+09	2,65E+06	2,65E+06	84
Trindade	713	180	0,03	3,85E+09	3,85E+09	7,70E+06	7,70E+06	244
Valparaíso de Goiás	60	180	0,03	3,24E+08	3,24E+08	6,48E+05	6,48E+05	21

COMENTÁRIOS

- **Métodos de Cálculo Simplificados**, dada a insuficiência de estudos e dados hidrogeológicos

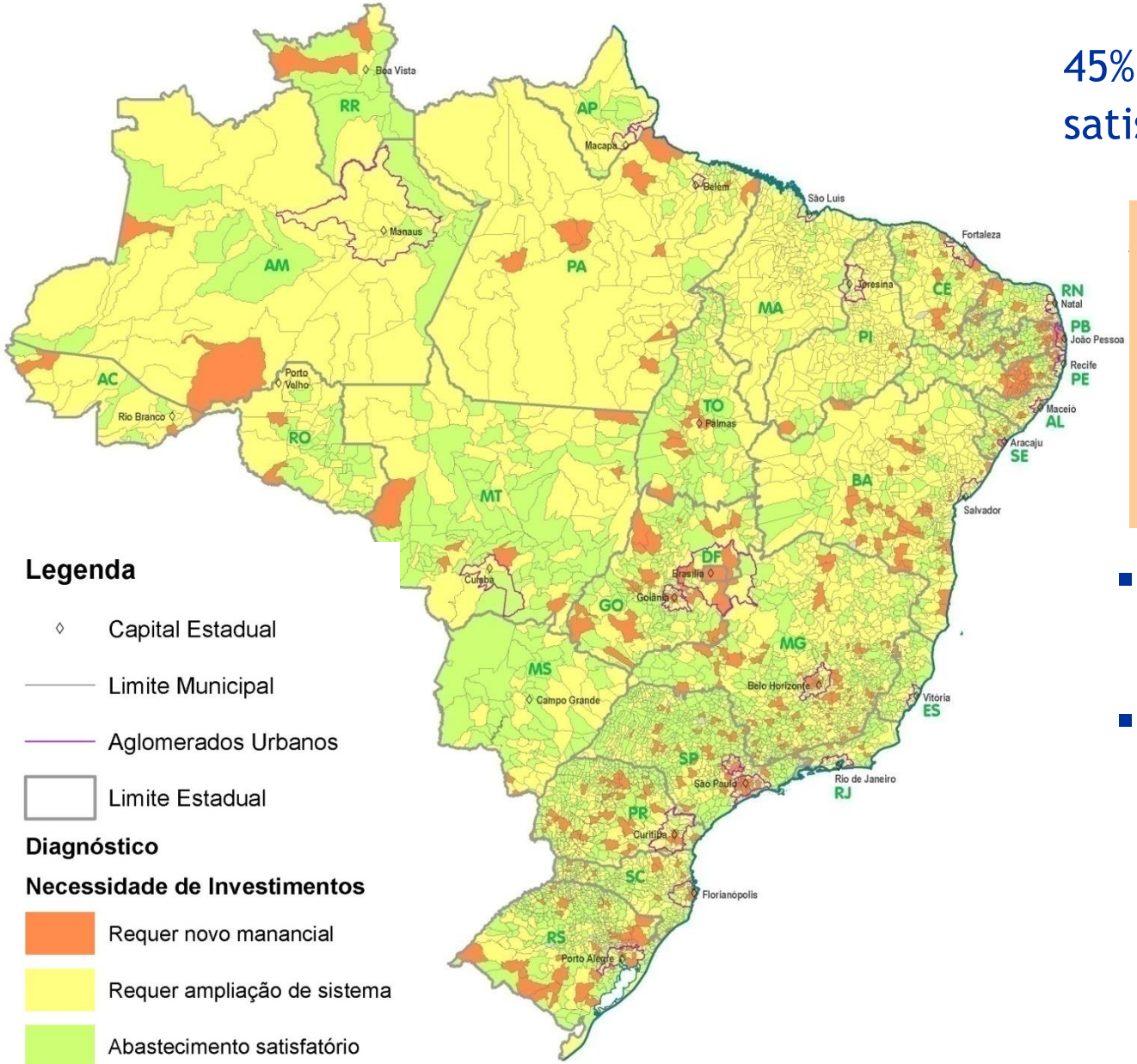
- **Estimativas mais realistas de reservas e disponibilidades** hídricas subterrâneas dependem de melhor conhecimento hidrogeológico

- Municípios com **vocação para aproveitamento de águas subterrâneas** devem ser priorizados para investimentos no conhecimento hidrogeológico

- Comparativamente aos recursos hídricos superficiais, os **recursos subterrâneos são ainda pouco conhecidos**, merecendo atenção dos órgãos gestores

- A exploração de águas subterrâneas requer **estudos hidrogeológicos locais, com envolvimento de especialistas** na locação de poços, elaboração de projetos, acompanhamento das obras e definição do dimensionamento e do regime de exploração

DIAGNÓSTICO



45% - abastecimento de água satisfatório (2.502 Mun.)

55% do total de sedes (3.027) requerem investimentos para garantia da oferta de água até 2025

- 9% - aproveitamento de novos mananciais
- 46% - adequação dos sistemas de produção, desde ampliações de poços até interligações de sistemas integrados metropolitanos

PLANEJAMENTO RMs

TOTAL Regiões Metropolitanas - R$ 12 bilhões

Região	51% Novos Mananciais	49% Adequação de Sistemas
SE	Macrometrópole Paulista	Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória
S	Curitiba	Porto Alegre e Florianópolis
NE	Natal*, João Pessoa, Recife, Maceió* e Aracaju	Fortaleza, São Luís, Teresina e Salvador
N	Palmas	Belém*, Manaus*, Rio Branco, Porto Velho, Boa Vista* e Macapá*
CO	DF e Goiânia	Cuiabá*

Justificativas - pressão sobre mananciais locais; limitação da disponibilidade hídrica e da capacidade operacional; e *tendência à diminuição do uso de águas subterrâneas

Ações necessárias - Gestão de demandas e de mananciais

46% dos investimentos para SP e RJ: papel estratégico das bacias do Alto Tietê, PCJ e Paraíba do Sul

NATAL - RN

Dados do Município

Prestador de Serviços:	CAERN
Bacia Hidrográfica:	LITORÂNEA LESTE (RN)
População Urbana (2007):	774.230 habitantes
Demanda Urbana (Cenário 2015):	3.284 L/s
Situação do abastecimento:	Requer novo manancial

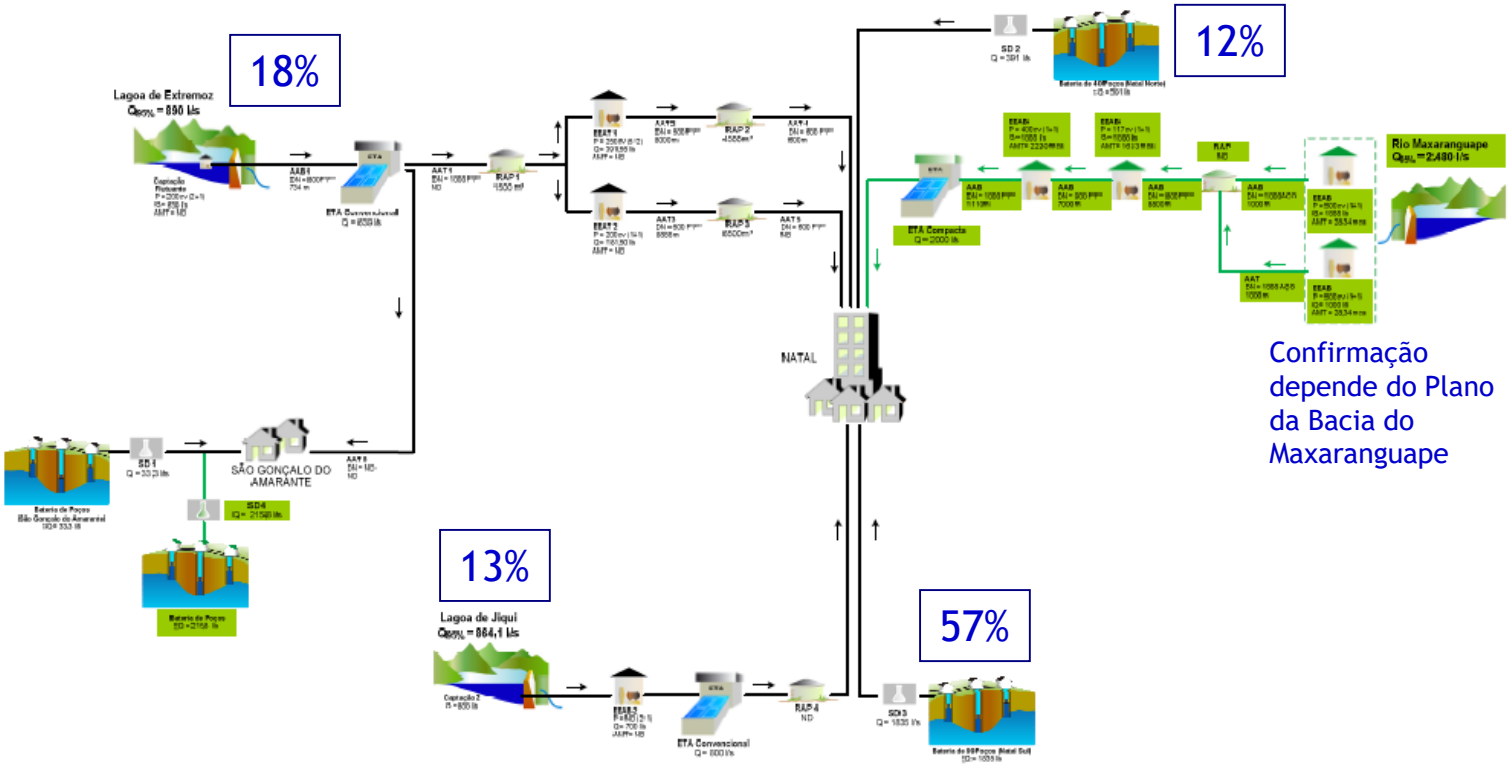
VISÃO GERAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE NATAL

Diagnóstico da Oferta de Água

Planejamento da Oferta de Água

Mananciais	Sistema	Proposta	R$ mil (jul 2008)	Outros Municípios atendidos	Ver Croqui
Rio Maxaranguape	Sistema Integrado Maxaranguape	Novo sistema	180.100	---	

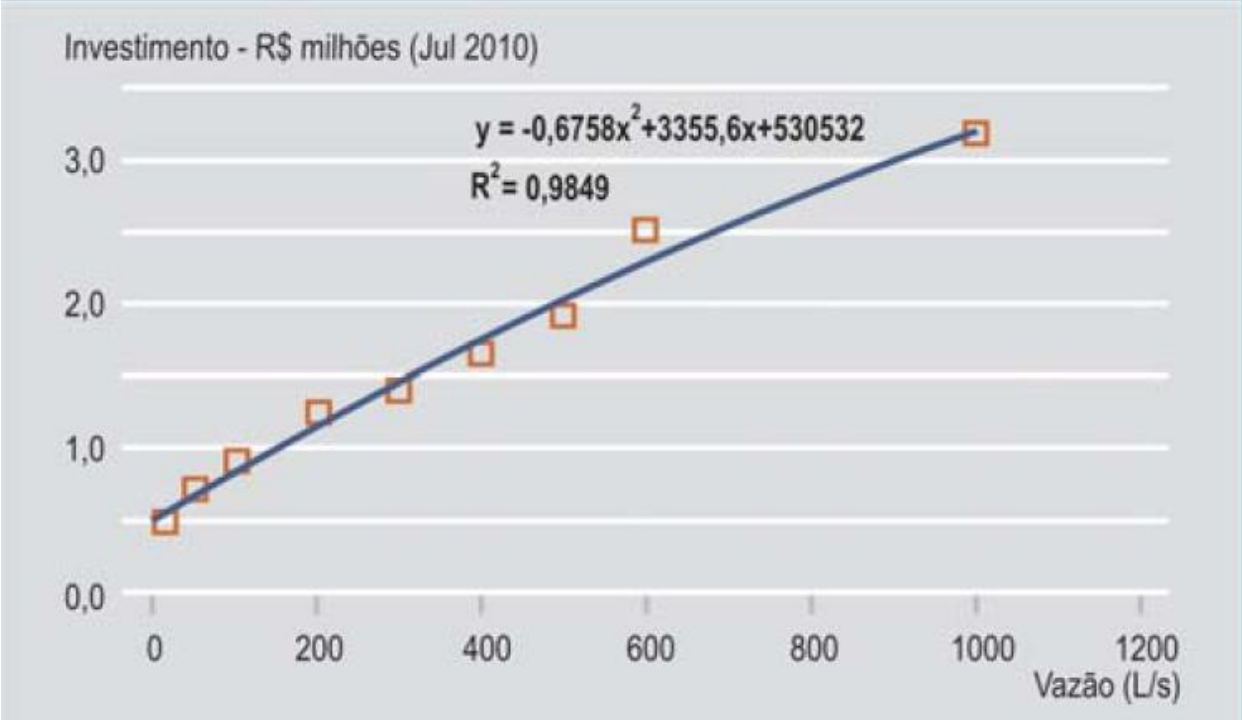
Proteção de Mananciais



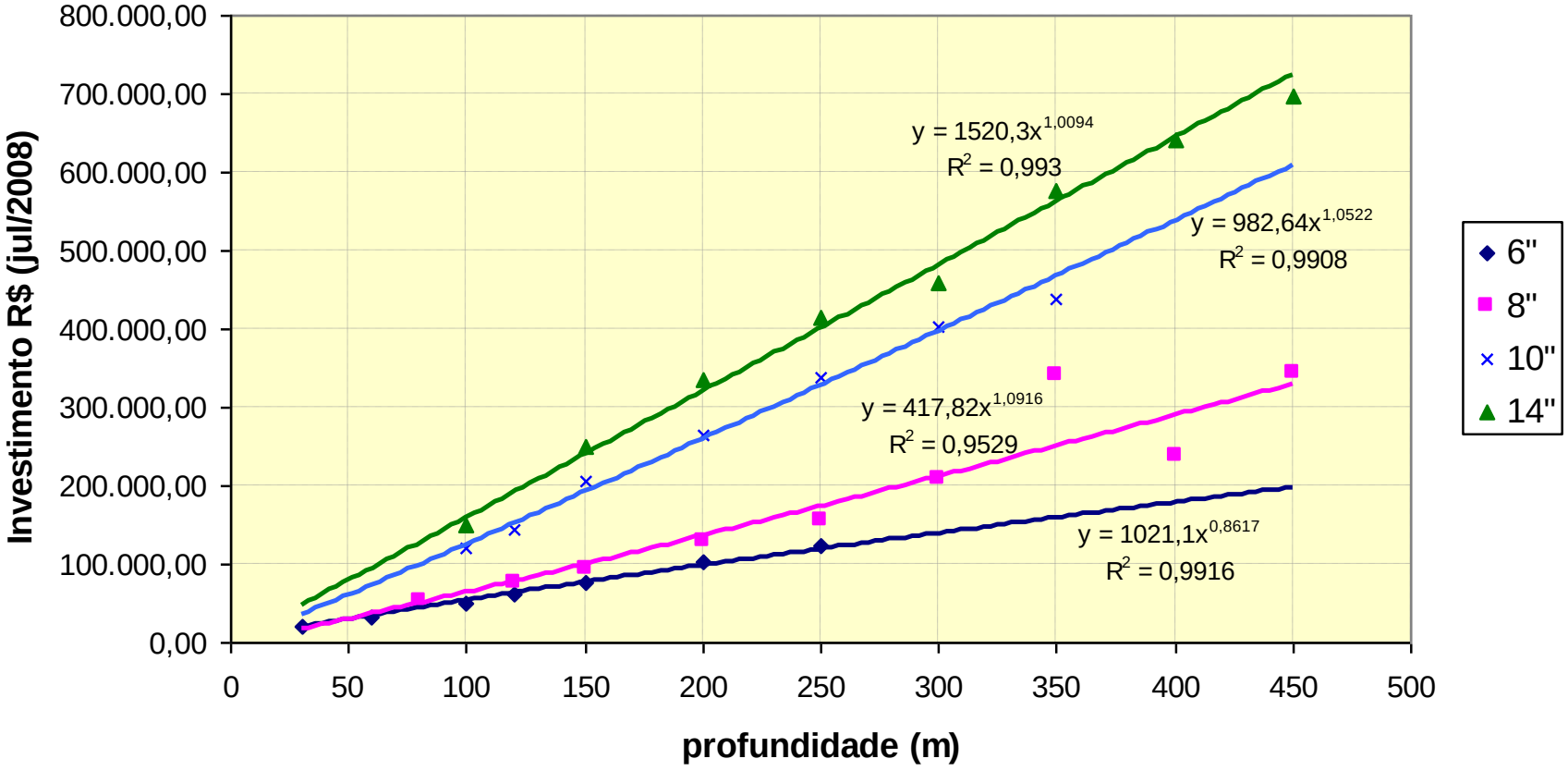
Confirmação depende do Plano da Bacia do Maxaranguape

CURVAS PARAMÉTRICAS

Sistema Produtor de Água	Parâmetros Adotados
Poço Profundo	Diâmetro (pol.); Altura Manométrica (m)
Captação	Vazão (L/s)
Adutora de Água Bruta	Diâmetro (mm); Material Utilizado, Comprimento (m)
Estação Elevatória	Potência (cv)
Estação Tratamento de Água	Tipo de Tratamento; Capacidade Nominal (L/s)
Dessalinização	Capacidade Nominal (L/s)



CURVAS PARAMÉTRICAS - POÇOS



Equação 6” $y = 1021,1x^{0,8617}$ com Qui-quadrado de $R^2 = 0,9916$
Equação 8” $y = 417,82x^{1,0916}$ com Qui-quadrado de $R^2 = 0,9529$
Equação 10” $y = 982,64x^{1,0522}$ com Qui-quadrado de $R^2 = 0,9908$
Equação 14” $y = 1520,3x^{1,0094}$ com Qui-quadrado de $R^2 = 0,993$

PROPOSTAS PARA USO AGUAS SUBTERR.

DIFICULDADES / DESAFIOS

- Insuficiência de Estudos/Conhecimento Hidrogeológico
- Nível de Incertezas quanto à Produtividade dos Poços
- Custo de Implantação (Sucessivas Perfurações)
- Possibilidade de Contaminação de Poços
- Qualidade das Águas Subterrâneas (Nordeste)
- Aspectos Culturais/Ambientais (Excedente de Disponibilidade Sup.)

POTENCIALIDADES

- Simplicidade Operacional
- Baixos Custos de Tratamento – Simples Desinfecção
- Agilidade na Implantação

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- **NECESSIDADE DE INVESTIMENTOS:** R$ 22,2 bilhões (I_0 2010)
  R$ 7,4 para Sudeste
  R$ 8,7 bi para semi-árido
  R$ 9,1 para NE (PISF)

- **FOCO NA SEGURANÇA HÍDRICA PARA ABASTECIMENTO URBANO →**
  - INTERFACE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
  - ÁGUAS SUBTERRANEAS COMO RESERVAS ESTRATÉGICAS

- VISÃO INTEGRADA → **RACIONALIZAÇÃO DOS INVESTIMENTOS**

- **AMPLO ACESSO AOS RESULTADOS E APOIO À TOMADA DE DECISÃO:**
  → BASE PARA PROCESSO PERMANENTE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

OBRIGADO !

Luís Eduardo Grisotto
edu@cobrape.com.br

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
Avenida Beira-Mar, 216, 13º andar, Rio de Janeiro – Tel.: (21) 2277-3900
http://abes-dn.org.br

Seção São Paulo
Rua Eugênio de Medeiros, 242 - 6º andar - Pinheiros - São Paulo
Tel / Fax: 11 3814 1872
http://www.abes-sp.org.br