

# **Vulnerabilidade, Contaminação e Remediação de Águas Subterrâneas**

**Dra. Dorothy Carmen Pinatti Casarini**

**Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB)  
Gerente da Divisão de Qualidade de Solos, Águas Subterrâneas e Vegetação (ESS)  
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 CEP 05489-900 - São Paulo - SP  
Fone: (011) 3030-6028 Fax: (011) 3030-6124  
e-mail: [dorothyc@cetesb.sp.gov.br](mailto:dorothyc@cetesb.sp.gov.br)**



**SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE**



# MUNICÍPIOS COM ÁREA DE AFLORAMENTO DO GUARANI MAIOR QUE 50%

UGRHI	MUNICÍPIO	ÁREA DE AFLORAMENTO NO MUNICÍPIO <sup>1</sup> (%)	UGRHI	MUNICÍPIO	ÁREA DE AFLORAMENTO NO MUNICÍPIO <sup>1</sup> (%)
8	Patrocínio Paulista	70	5, 9 E 13	ANALÂNDIA	<b>81</b>
4 e 8	Altinópolis	75	13	Itirapina	87
	Santo Antonio da Alegria	64		Boa Esperança do Sul	82
4	Cássia dos Coqueiros	63		Bocaina	84
	Santa Cruz da Esperança	78,5		Brotas	85
	Serra Azul	78		Dourado	61
	Santa Rosa Viterbo	52		Ribeirão Bonito	90
4 e 9	São Simão	87		Trabiju	100
9	Américo Brasiliense	51	5	São Pedro	87,4
	Descalvado	73,5		Santa Maria da Serra	75
	Luiz Antônio	67,5	5 E 10	Anhembi	78
	Rincão (*)	50		Saltinho	50
	Santa Rita Passa Quatro	78		Torre de Pedra	100
9 e 13	São Carlos (*)	72	10 E 14	Bofete	91
5 E 9	Corumbataí (*)	70		Pardinho	55
			14	Itatinga	60

04 – Pardo    05 – Piracaba / Capivari / Jundai    08 – Sapucaí / Grande    09 – Mogi - Guaçu  
 10 – Tietê / Sorocaba    13 – Tietê / Jacaré    14 – Alto Paranapanema

### •ASPECTO REGIONAL - PROTEÇÃO DE AQÜÍFEROS

- **MONITORAMENTO** DA QUANTIDADE E **QUALIDADE** DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS PRINCIPAIS AQÜÍFEROS DO ESTADO.
- **ELABORAÇÃO DE PROJETOS ESPECÍFICOS** PARA SUBSIDIAR POLÍTICA DE PROTEÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.
- **MAPEAMENTO** HIDROGEOLÓGICO E VULNERABILIDADE
- **GESTÃO** INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS

## MONITORAMENTO DA QUALIDADE

### POÇOS MONITORADOS NO SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI

AGÊNCIA AMBIENTAL	Nº DE POÇOS
Franca	5
Ribeirão Preto	16
Araraquara	9
Bauru	6
Sorocaba	3
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>

**O MONITORAMENTO EFETUADO PELA CETESB DEMONSTRA QUE AS ÁGUAS DO SISTEMA AQÜÍFERO GUARANI SÃO DE EXCELENTE QUALIDADE PARA CONSUMO HUMANO.**

**CONCENTRAÇÕES DE NITRATO EM ALGUNS POÇOS INDICAM INÍCIO DE CONTAMINAÇÃO: BOTUCATU, RIBEIRÃO BONITO E ORLÂNDIA.**

**• ASPECTO LOCAL - PROTEÇÃO DE CAPTAÇÕES**

- OUTORGA DE DIRETO DE USO DE ÁGUAS**
- CONTROLE DE POLUIÇÃO POR MEIO DO LICENCIAMENTO, FISCALIZAÇÃO E MONITORAMENTO.**
- PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO**

**DECRETO 32.955 (07.02.1991) REGULAMENTA A LEI 6.134 (02.06.1988) QUE DISPÕE SOBRE A PRESERVAÇÃO DOS DEPÓSITOS NATURAIS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS :**

**Art. 19.** DAEE e CETESB, com base em estudos hidrogeológicos e ouvido os municípios e demais organismos interessados, propõem ao CRH a delimitação de áreas de controle para conservação das águas subterrâneas.

**ART. 20. CLASSIFICA:**

**ÁREA DE PROTEÇÃO MÁXIMA - APM:** PARTE OU TODA A ZONA DE RECARGA DE AQUÍFEROS ALTAMENTE VULNERÁVEIS À POLUIÇÃO E QUE SE CONSTITUAM DE DEPÓSITOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO.

**ÁREA DE RESTRIÇÃO E CONTROLE - ARC:** NECESSIDADE DE DISCIPLINA DAS EXTRAÇÕES, CONTROLE MÁXIMO DAS FONTES POLUIDORAS E RESTRIÇÃO À INSTALAÇÃO DE NOVAS ATIVIDADES

**ÁREA DE PROTEÇÃO DE POÇOS E OUTRAS CAPTAÇÕES - APP:** INCLUI A DISTÂNCIA MÍNIMA ENTRE POÇOS E O RESPECTIVO PERÍMETRO DE PROTEÇÃO.

**ART. 21. NAS ÁREAS DE PROTEÇÃO MÁXIMA NÃO SERÃO PERMITIDOS:**

- **IMPLANTAÇÃO DE INDÚSTRIAS DE ALTO RISCO AMBIENTAL**
- **ATIVIDADES AGRÍCOLAS QUE UTILIZEM PRODUTOS TÓXICOS DE GRANDE MOBILIDADE**
- **PARCELAMENTO DO SOLO URBANO SEM SANEAMENTO.**

**ART. 22 e 23- NAS APM e ARC QUANDO HOVER ESCASSEZ DE ÁGUA (QUANTIDADE) OU PREJUÍZOS SENSÍVEIS (QUALIDADE), O DAEE E A CETESB PODERÃO:**

- **PROIBIR NOVAS CAPTAÇÕES - não outorgar**
- **RESTRINGIR O VOLUME DE ÁGUA CAPTADO, PRIORIZANDO O ABASTECIMENTO PÚBLICO**
- **CONTROLAR FONTES DE POLUIÇÃO EXISTENTES COM MONITORAMENTO**
- **RESTRINGIR NOVAS FONTES - não licenciar**

## **ART. 24** ÁREA DE PROTEÇÃO DE POÇOS E OUTRAS CAPTAÇÕES:

- **PERÍMETRO IMEDIATO DE PROTEÇÃO SANITÁRIA** - RAIOS DE 10 METROS A PARTIR DO PONTO DE CAPTAÇÃO, CERCADO E PROTEGIDO E COM LAGE DE PROTEÇÃO.

## **ART. 25** ÁREA DE PROTEÇÃO DE POÇOS E OUTRAS CAPTAÇÕES:

- **PERÍMETRO DE ALERTA** - DELIMITADO POR UMA DISTÂNCIA COAXIAL AO SENTIDO DO FLUXO EQUIVALENTE AO TEMPO DE TRÂNSITO DE 50 DIAS DE POLUENTES NÃO CONSERVATIVOS.
  - **DEVERÁ** HAVER DISCIPLINA DAS EXTRAÇÕES, CONTROLE MÁXIMO DE FONTES POLUIDORAS E RESTRIÇÕES A NOVAS LICENCAS

# ÁREAS DE PROTEÇÃO DE POÇOS: PROPOSTA DO PROJETO

**PERÍMETRO  
IMEDIATO DE  
PROTEÇÃO  
SANITÁRIA-PIPS**

**PERÍMETRO DE  
ALERTA  
PA**

**ZONA PROXIMAL  
DE RESTRIÇÃO E  
CONTROLE  
ZPRC**

**ZONA DISTAL DE  
RESTRIÇÃO E  
CONTROLE  
ZDRC**

## CRITÉRIOS

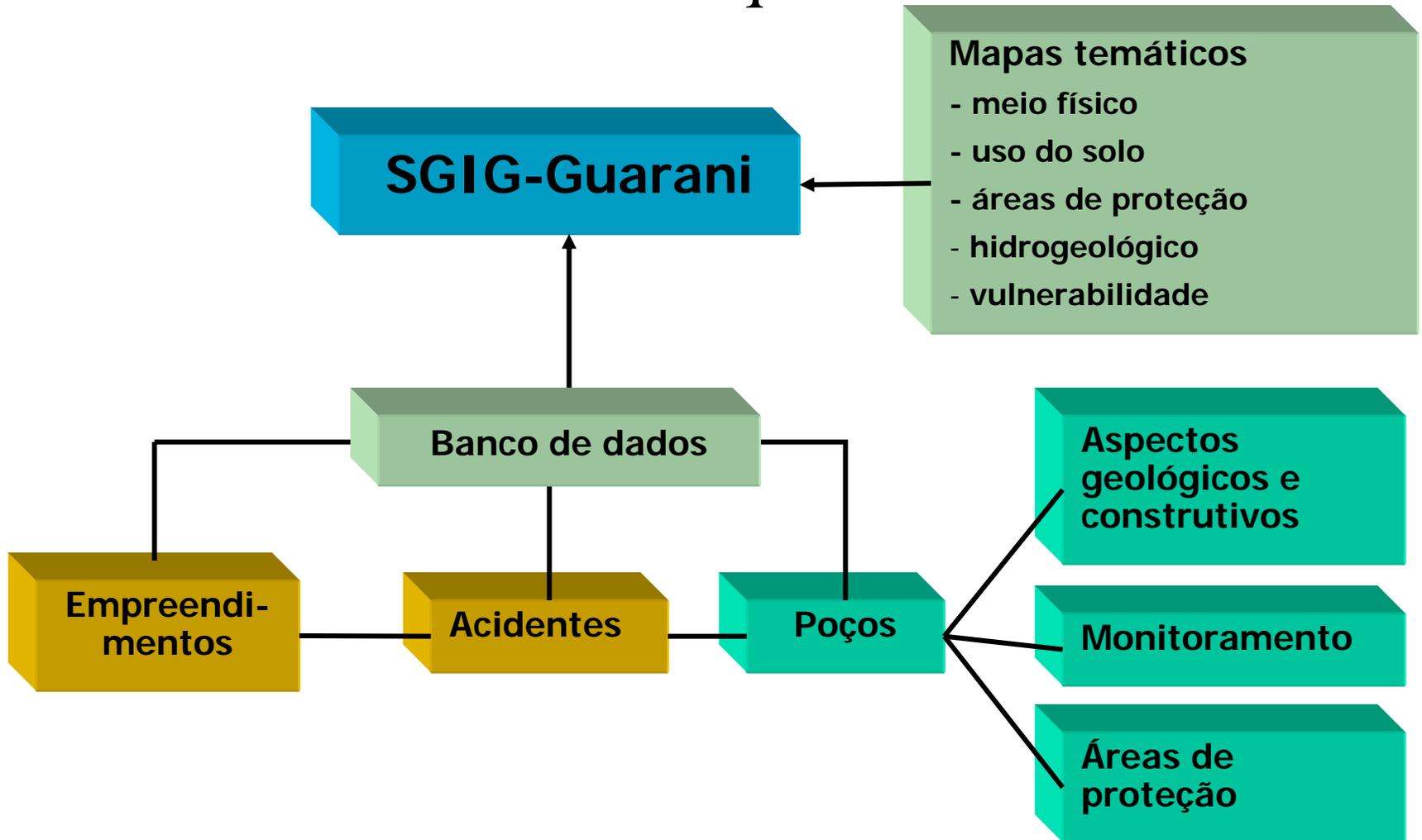
**RAIO DE 10  
METROS**

**TEMPO DE  
TRÂNSITO 50 DIAS  
(AQ. SEDIMENTAR)  
RAIO DE 50 M  
(AQU.  
FRATURADO OU  
CONFINADO)**

**TEMPO DE  
TRÂNSITO 365  
DIAS E MÁXIMO  
DE 1 KM**

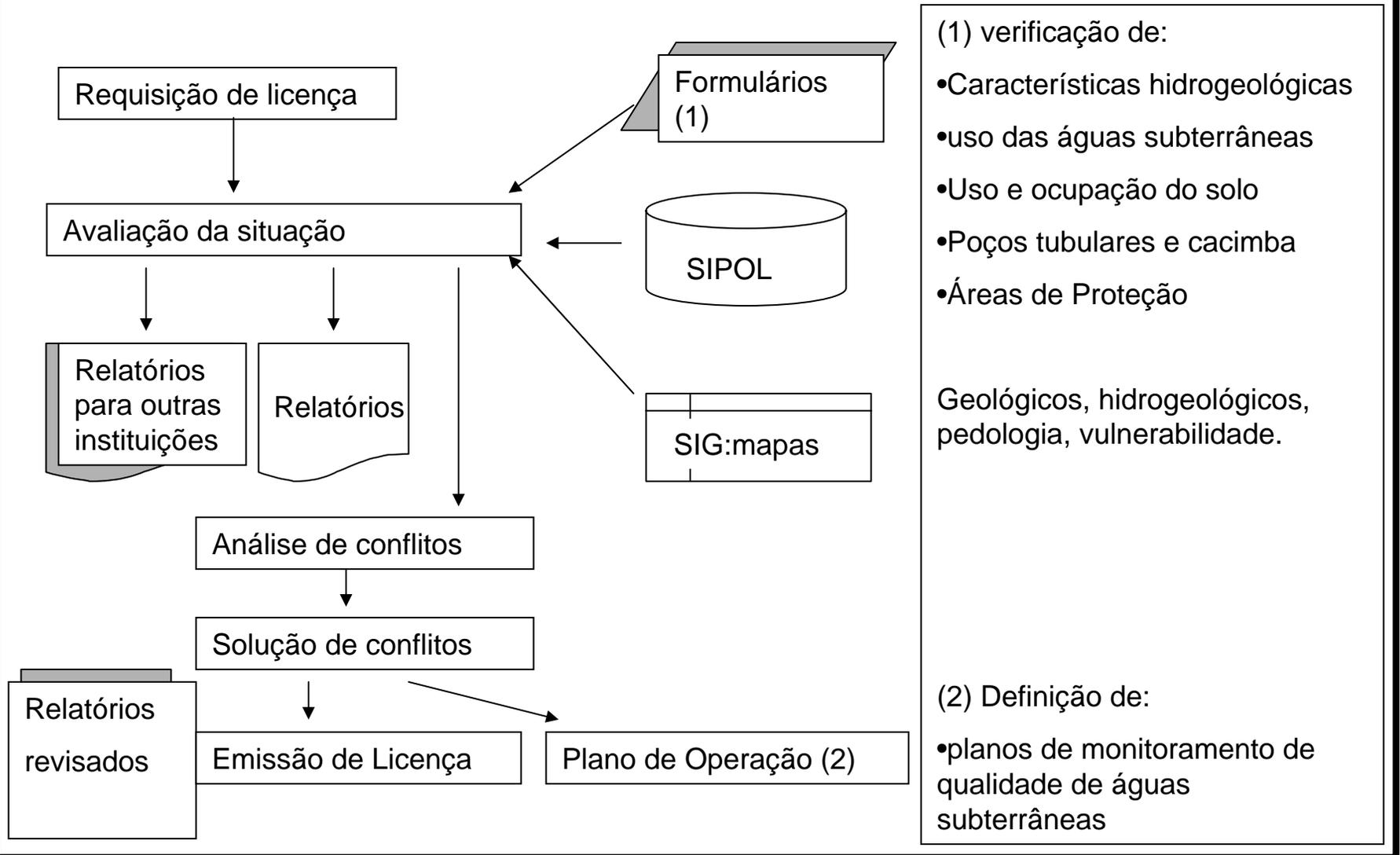
**ZONA DE  
CAPTURA TOTAL  
OU TEMPO DE  
TRÂNSITO DE  
10 ANOS  
O QUE FOR  
MENOR**

# Sistema Gerenciador de Informações Geoambientais Aquífero Guarani



# EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO

## LICENÇA PARA NOVOS EMPREENDIMENTOS



(1) verificação de:

- Características hidrogeológicas
- uso das águas subterrâneas
- Uso e ocupação do solo
- Poços tubulares e cacimba
- Áreas de Proteção

Geológicos, hidrogeológicos, pedologia, vulnerabilidade.

(2) Definição de:

- planos de monitoramento de qualidade de águas subterrâneas

# Valores Orientadores PROPOSTA 2005

**VALOR DE  
REFERÊNCIA DE  
QUALIDADE - R**

**Concentração de determinada substância no solo e na água subterrânea que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea**

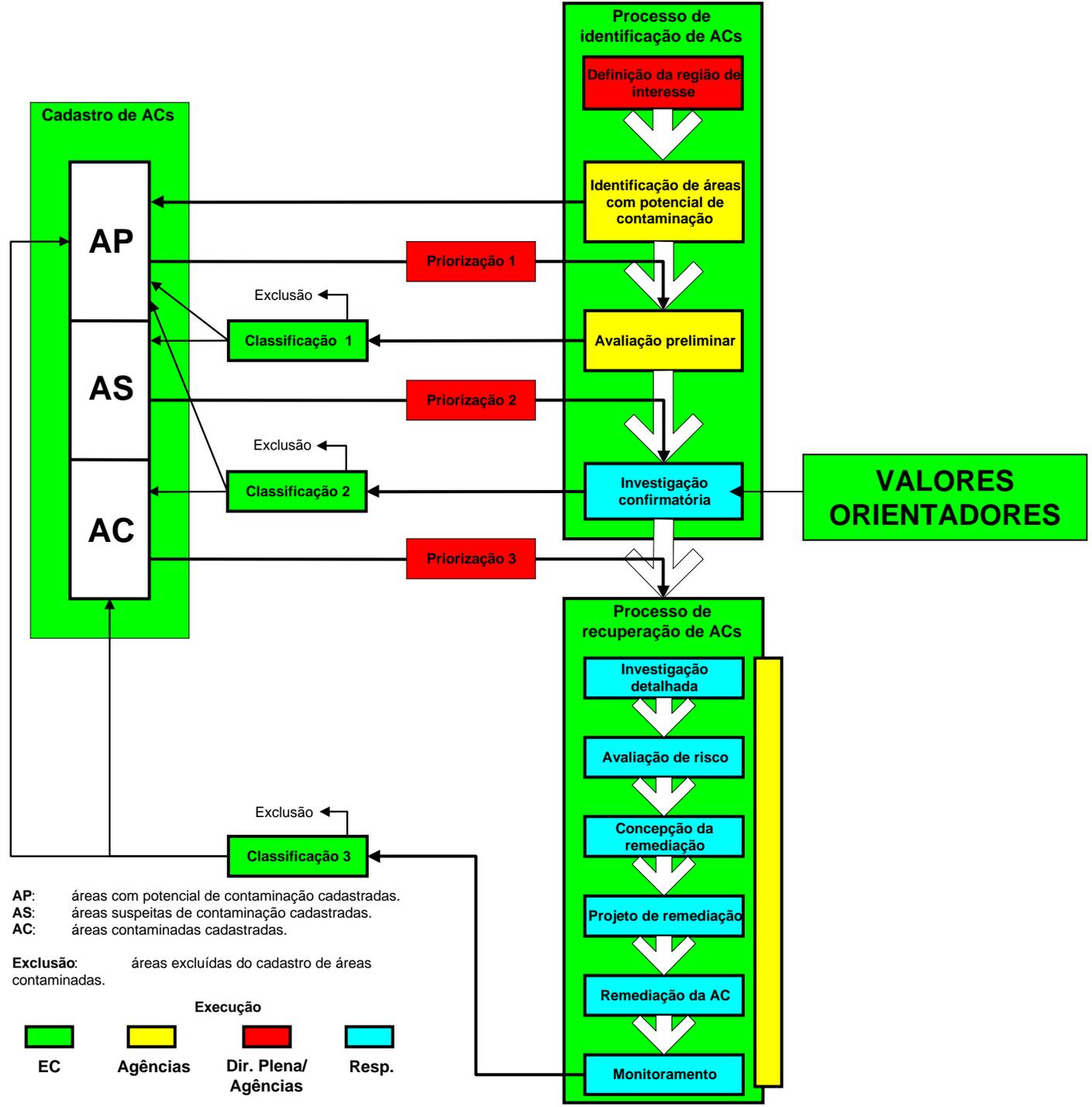
**VALOR DE  
PREVENÇÃO - P**

**Concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea**

**VALOR DE  
INTERVENÇÃO - I**

**Concentração de determinada substância no solo e na água subterrânea, acima da qual existem riscos potenciais diretos e indiretos à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico.**

“Procedimentos Para Gerenciamento de Áreas Contaminadas”, os quais estabelecem a metodologia que é utilizada no gerenciamento dessas áreas e adota um conjunto seqüencial lógico de atividades



# O que está na lista?

- Uma área é considerada contaminada quando, após uma investigação confirmatória, isto é, amostragem e análise química de solos ou águas subterrâneas, são detectados valores de concentrações de contaminantes superiores aos valores de intervenção estabelecidos pela CETESB ("Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo"; CETESB; 2001) ou a presença de fase livre do contaminante (gasolina, solvente, etc).

# Classificação das Áreas

- **Contaminada sem proposta de remediação** – quando já existe confirmação da contaminação na área, por meio da realização de análises químicas e comparação dos resultados destas com os valores de intervenção da CETESB ou com valores de listas internacionais, caso o valor não esteja disponível na lista da CETESB.
- **Contaminada com proposta de remediação** – quando além da confirmação da contaminação, também foi apresentado um projeto da remediação.
- **Contaminada com remediação em andamento** – quando a remediação estiver sendo efetuada.
- **Remediação concluída para o uso pretendido** – quando as metas de remediação já foram atingidas, tendo a CETESB autorizado o encerramento da remediação e do monitoramento.

# Etapas de gerenciamento

- **Investigação confirmatória** – investigação contemplando amostragem de solos ou águas subterrâneas em pontos estratégicos, seguida de análises químicas dessas amostras. A área será declarada contaminada se as concentrações de contaminantes nas amostras forem superiores aos valores de intervenção estabelecidos (CETESB ou listas internacionais) ou se houver a simples detecção de explosividade ou presença de fase livre do contaminante.
- **Investigação detalhada** – investigação capaz de avaliar detalhadamente as características da fonte de contaminação e dos meios afetados, os tipos de contaminantes presentes e suas concentrações, além de caracterizar, delimitar e estimar as taxas de propagação da pluma ou plumas de contaminação presentes em diferentes meios.
- **Avaliação de risco** – nesta etapa é avaliada a necessidade de remediação da área, tendo por base a quantificação do risco à saúde humana e ao meio ambiente, em consequência da exposição aos contaminantes presentes na área. O resultado da avaliação de risco deverá orientar a definição dos limites de concentração dos contaminantes a serem alcançados para remediação (metas de remediação).
- **Concepção/Projeto da remediação** – indicada nos casos em que houve apresentação de projetos de remediação tecnicamente embasados.
- **Remediação em andamento com monitoramento operacional** – quando a remediação estiver sendo efetuada.

# ÁREAS CONTAMINADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO - MAIO DE 2005

Região/Atividade	Comercial	Industrial	Resíduos	Postos de Combustível	Acidentes Desconhecidos	Total
São Paulo	28	42	20	398	2	490
RMSP - outros	11	70	11	222	4	318
Interior	44	84	21	332	9	490
Litoral	10	31	10	63	1	115
Vale do Paraíba	1	19	0	71	0	91
Total	94	246	62	1086	16	1504

# ÁREAS CONTAMINADAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

## **Aumento significativo do Conhecimento :**

Maio 2002 - 255

Outubro 2003 - 727

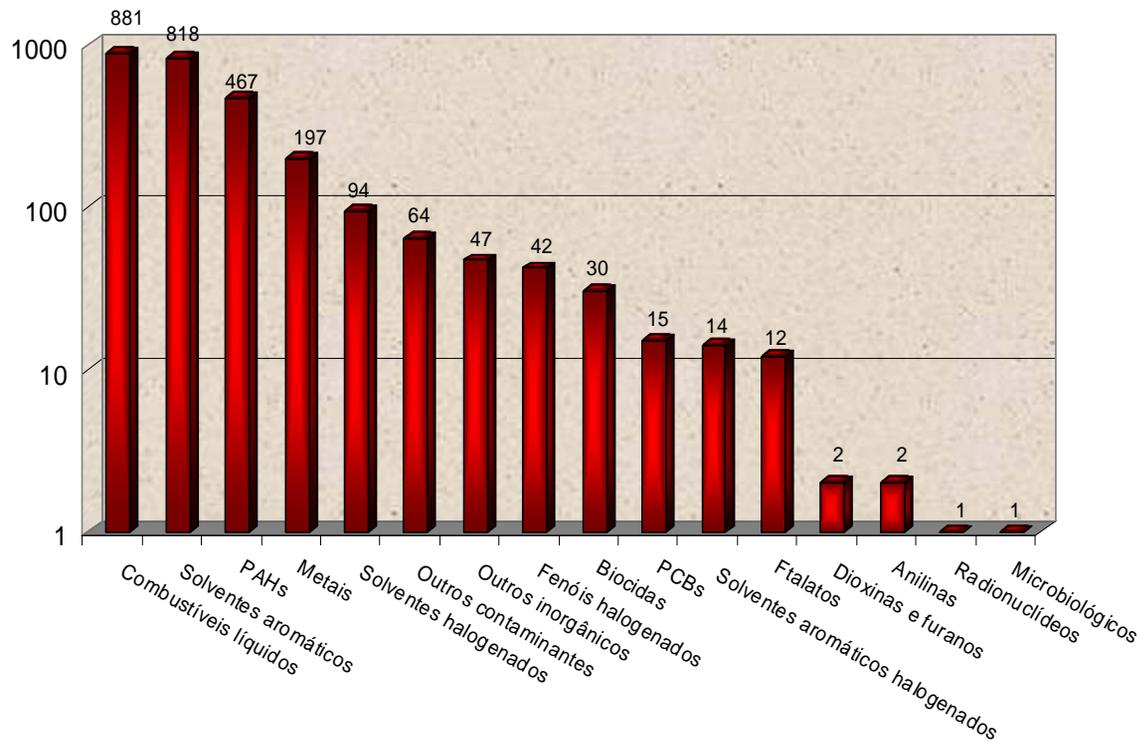
novembro 2004 - 1336

Maio 2005 - 1504

- **Licenciamento ambiental dos postos de serviço**
- **Ação de controle sobre fontes industriais, comerciais, tratamento e disposição de resíduos**

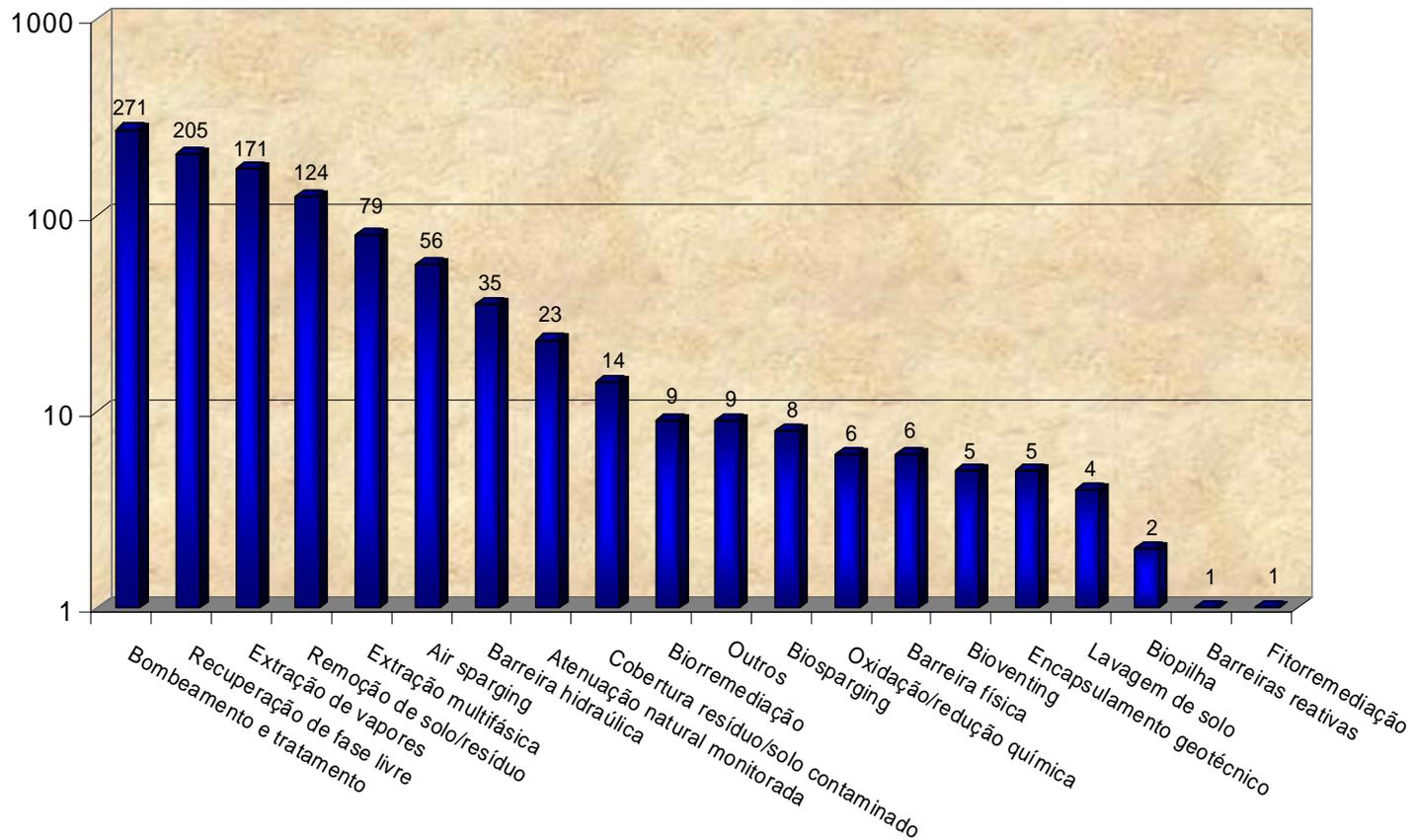
# 2005

## Grupos de contaminantes constatados

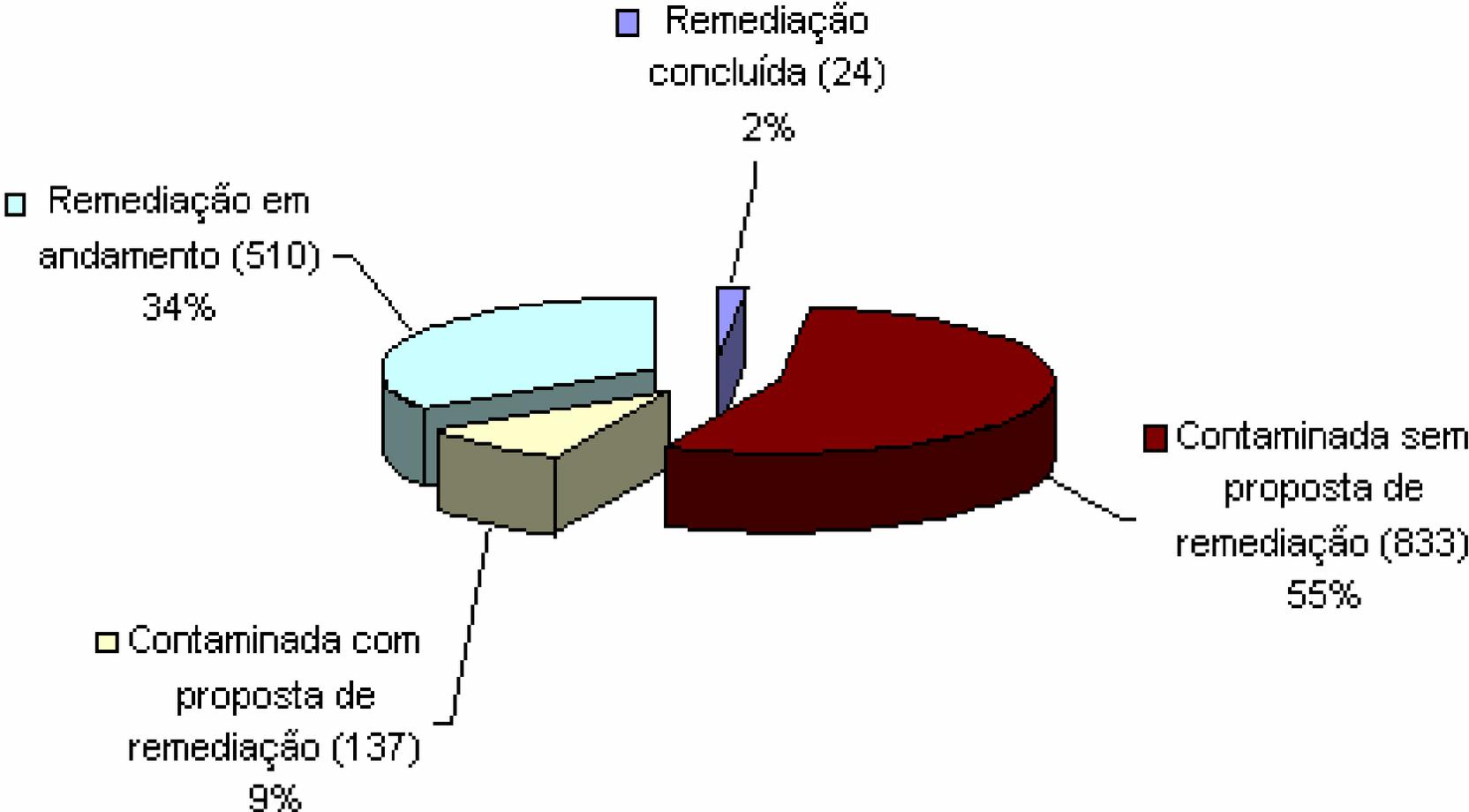


# 2005

## Técnicas de remediação implantadas



# Distribuição quanto ao estágio de remediação - Maio de 2005



## **ANTEPROJETO DE LEI - 2005**

**O Governador do Estado de São Paulo enviou à Assembléia Legislativa para decretar e promulgar a seguinte lei:**

**DISPÕE SOBRE DIRETRIZES E PROCEDIMENTOS PARA A PROTEÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO E GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS CORRELATAS.**

### **CAPÍTULO I**

#### **DAS DISPOSIÇÕES GERAIS**

##### **Seção I**

##### **Do Objeto**

**Artigo 1º - Esta lei trata da proteção da qualidade do solo contra alterações nocivas por contaminação, da definição de responsabilidades, da identificação e do cadastramento de áreas contaminadas e da remediação dessas áreas de forma a tornar seguros seus usos atual e futuro.**

# **ANTEPROJETO DE LEI - 2005**

## **Seção II- Dos Objetivos**

**Artigo 2º - Constitui objetivo desta lei garantir o uso sustentável do solo, protegendo-o de contaminações e prevenindo alterações nas suas características e funções, por meio de:**

**I - medidas para proteção da qualidade do solo e das águas subterrâneas;**

**II - medidas preventivas à geração de áreas contaminadas;**

**III - procedimentos para identificação de áreas contaminadas;**

**IV - garantia à saúde e à segurança da população exposta à contaminação;**

**V - promoção da remediação de áreas contaminadas e das águas subterrâneas por elas afetadas;**

**VI - incentivo à reutilização de áreas remediadas;**

**VII - promoção da articulação entre as instituições; e**

**VIII - garantia à informação e à participação da população afetada nas decisões relacionadas com as áreas contaminadas.**

# **DELIBERAÇÃO CRH 52 DE 15.05.2005**

**Artigo 1º - Os órgãos gestores de recursos hídricos, de controle ambiental, e da saúde propõem de forma integrada, a delimitação das áreas de restrição e controle do uso das águas subterrâneas.**

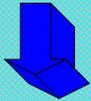
**Artigo 2º - As áreas de restrição e controle do uso das águas subterrâneas são aquelas onde existe a necessidade de disciplinar as atividades que possam causar alterações ou efeitos negativos sobre a quantidade ou qualidade das águas subterrâneas.**

**§1º - A delimitação das áreas de restrição e controle será estabelecida levando em consideração os Planos de Bacias Hidrográficas, os Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, os Programas Estaduais de Monitoramento de Qualidade e Atendimento à Potabilidade, que evidenciem os efeitos negativos da exploração e contaminação, apontando a necessidade da aplicação de ações preventivas e corretivas.**

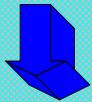
**§2º - Constituem base para o estabelecimento das áreas de restrição e controle, os estudos hidrogeológicos, os bancos de dados dos órgãos de recursos hídricos, de controle ambiental e da saúde sobre quantidade, qualidade e fontes de contaminação.**

# Etapas de identificação de ARC

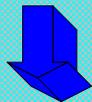
Identificação de áreas potenciais



Avaliação preliminar



Investigação confirmatória



ADOÇÃO DE MEDIDAS DE RESTRIÇÃO E CONTROLE

# CLASSES

APO

APR

ARC

Exclusão

Classificação 1

Priorização 1

Exclusão

Classificação 2

Priorização 2

Exclusão

Classificação 3

Priorização 3

Etapas na definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas

# Etapa de identificação de ARC

CLASSE

Identificação de áreas potenciais

Exclusão

Classificação 1

APO

Priorização 1

A identificação será feita com base parâmetros: densidade de poços, vazão explorada, escoamento básico e específico, vulnerabilidade natural, qualidade da água, denúncias e cadastro de fontes de poluição.

Devem respeitar os limites de bacias hidrográficas ou de sub-bacias hidrográficas.

Devem ser listadas em ordem de prioridade para ações das etapas seguintes

APO-Áreas potenciais de restrição e controle: são aquelas onde a densidade de poços tubulares e o volume de água extraído indicam super-exploração ou aquelas onde estão sendo ou foram desenvolvidas atividades potencialmente poluidoras de solo e águas subterrâneas

# Etapa de identificação de ARC

**CLASSE**

Avaliação preliminar

Exclusão

Classificação 2

**APR**

Priorização 2

Terá como base, dados e estudos hidrogeológicos, em especial os de rebaixamento dos níveis d'água, interferência entre poços, mapa potenciométrico, indícios de contaminação e estudos hidrogeoquímicos de anomalias naturais da qualidade da água subterrânea.

Caso haja indícios de super exploração ou contaminação, a APO será classificada como área provável de restrição e controle (APR) tendo como limites bacias hidrogeológicas

**APR- Áreas prováveis de restrição e controle:** são aquelas onde foram observados indícios ou constatação de super-exploração e interferência entre poços ou constam como área suspeita da presença de contaminantes no solo e nas águas subterrâneas

# Etapa de identificação de ARC

**CLASSE**



A investigação confirmatória com relação à quantidade será expressa pela relação entre os fatores consumo (C) e disponibilidade (Q).

A investigação confirmatória com relação à qualidade das águas subterrâneas terá como base os padrões de potabilidade da Portaria 1469/00 do Ministério da Saúde e suas alterações e os dados disponíveis no cadastro de áreas contaminadas do órgão ambiental.

**ARC- Áreas de restrição e controle:** são aquelas onde há comprovadamente super-exploração ou contaminação da água subterrânea ou estão próximas de atividades de extrema periculosidade; ou então enquadram-se em áreas legais de proteção de mananciais ou constituem zonas de proteção de captação para o abastecimento público

Tipologia	Fonte principal	Principais poluentes	Distância indicativa mínima de restrição na direção de fluxo	Justificativa
Químicas	Fabricação de ácidos e bases, pigmentos, tintas, fertilizantes, pesticidas, farmacêuticas	Ácidos, bases, metais, solventes, fenóis	500m	Substâncias persistentes
Petroquímicas	Refinarias	Hidrocarbonetos, fenóis, ácidos, bases e asbestos	500m	Substâncias degradáveis (grande quantidade)
	Destilaria de alcatrão		500m	
	Bases de distribuição		400m	Média quantidade
	Postos de serviço		300m	Pequena quantidade
Produção e transformação de metais	Produção de ferro, aço, fundição, anodização, galvanização, fábricas de veículos	Metais (Fe, Cu, Ni, Cr, Zn, Cd, Pb), asbestos, PCB's, cianetos, hidrocarbonetos	200m	Substâncias persistentes de baixa mobilidade
Transporte	Garagens, oficinas de manutenção, garagens de trem	Combustível, hidrocarbonetos, asbestos	100m	Substâncias degradáveis (pouca quantidade)
Aterros de resíduos classe I	Resíduos perigosos	Metais, ácidos e bases	500m	Substâncias persistentes
Aterros de resíduos classe II	Resíduos domiciliares e industriais	Bacteriológicos, metais, ácidos e bases	200m	Port. 124 MINTER NBR 13.896/97
Cemitérios		Bacteriológicos	30m ou 50 dias de tempo de trânsito	Norma CETESB L1040-cemitérios
Rio classe 4		Substâncias tóxicas, fenóis, metais, bacteriológicos.	200 m	Corpo receptor de efluentes domiciliares e industriais

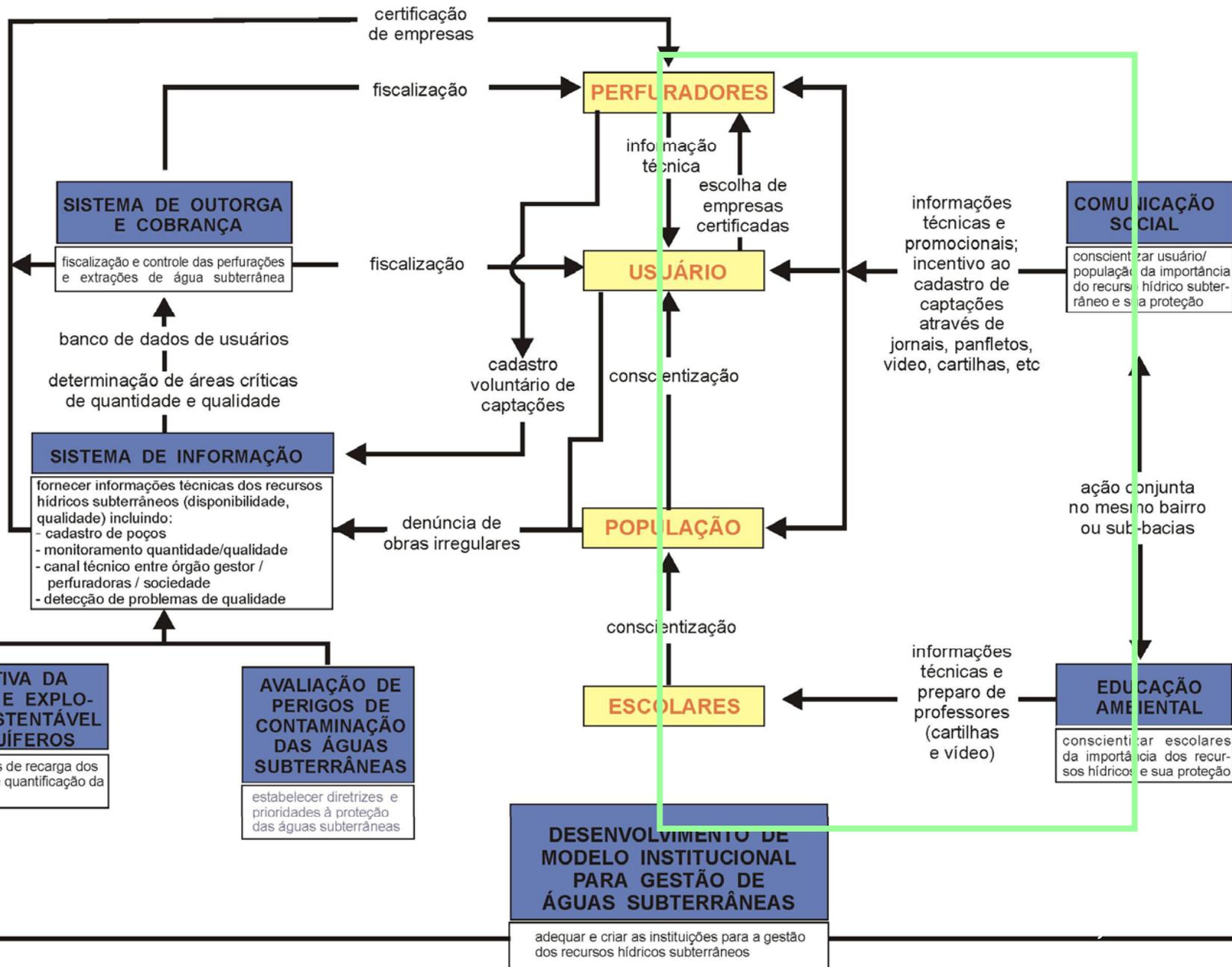
# **ADOÇÃO DE MEDIDAS DE RESTRIÇÃO E CONTROLE**

***A declaração de Áreas de Restrição e Controle (ARC) será antecedida de audiências públicas e de aprovação pelo Comitê da bacia hidrográfica em que estiver situada. O ato declaratório deverá ser submetido ao Conselho Estadual dos Recursos Hídricos (CRH).***

***Nas áreas de restrição e controle, os órgãos responsáveis de acordo com as respectivas atribuições poderão:***

- I – proibir novas captações até que o aquífero se recupere ou seja superado o fato que determinou a restrição de água;**
- II- restringir e regular a captação de água subterrânea, estabelecendo o volume máximo a ser extraído e o regime de operação;**
- III - cancelar a outorga do direito de uso;**
- IV- controlar as fontes de poluição existentes, mediante programa específico de monitoramento; e**
- V - restringir a implantação de novas atividades potencialmente poluidoras.**

# MODELO FUNCIONAL DE GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA



**QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

**DEVER DE TODOS, RESPONSABILIDADE TAMBÉM DAS  
PERFURADORAS**

**USAR O CONHECIMENTO ATUAL PARA EXECUTAR A  
PERFURAÇÃO DE FORMA EFICIENTE, SEGURA E  
SUSTENTÁVEL**

**MUITO OBRIGADA**