

# Projeto

## TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO SOBRE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### CADERNO 3

## Proteção e Qualidade das Águas Subterrâneas

#### REALIZAÇÃO



Curso  
Sorocaba  
Médio Tietê

2021-2023

Pro|AQUÍFEROS

#### Financiamento



FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA  
DO ESTADO DE SÃO PAULO

PROJETO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

#### EXECUÇÃO

Amélia João Fernandes (IPA-SIMA, coordenação)

Andrea Segura Franzini (CPRM)

Fernanda Souto Barreto (IGc-USP)

José Luiz Albuquerque (IPT)

Marta Deucher (IPA-SIMA)

Mateus Delatim Simonato (CEPAS-USP)

Roberto Kirchheim (CPRM)

Veridiana Martins (IGc-USP)

#### Bolsistas Fapesp

Beatriz Helena Martins

Gabriel Lima Barbosa

#### EQUIPE PARCEIRA

Ana Carolina Dias de Moraes (Prefeitura de Porto Feliz)

André Cordeiro (UFSCAR)

Caroline Túbero Bacchin (DAEE)

Jodhi Jefferson Allonso (DAEE)

Natália Zanetti (FABH-SMT)

Rosângela Aparecida César (CETESB)

ABRIL - 2024

# O QUE É O PRÓ | AQUÍFEROS?

O Pró|Aquíferos é uma iniciativa que tem o objetivo de disseminar conhecimento sobre água subterrânea. Essa iniciativa reúne instituições de pesquisa do Estado de São Paulo (IPA-SEMIL, IPT, IGc-USP) e uma instituição federal (CPRM), voltando-se principalmente para os comitês de bacia com o intuito de promover uma gestão adequada e sustentável dos recursos hídricos.

O projeto “Transferência de conhecimento visando a gestão das águas subterrâneas no âmbito dos Comitês de Bacia do Estado de São Paulo”, financiado pela FAPESP, foi realizado pelo Pró|Aquíferos e consistiu na ministração de dois cursos para o Comitê de Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. Além disso, produziu materiais educativos na forma de 4 Vídeos e 5 Cadernos, sendo este um deles. Convidamos o leitor, ao fim do caderno, a ver os títulos desses materiais.

## Do que trata este caderno?

Este caderno trata da qualidade da água subterrânea, contida em reservatórios chamados aquíferos. Ao longo do caderno serão respondidas as seguintes perguntas:

1. Como é a qualidade natural das águas subterrâneas?
2. Quais são as ameaças à qualidade da água dos aquíferos?
3. Os aquíferos podem ser facilmente contaminados? Quais fatores controlam a existência de contaminações?
4. Para que servem os mapas de vulnerabilidade dos aquíferos?
5. Quais são os instrumentos que devem ser usados para a proteção da qualidade da água subterrânea?
  - 5.1. Como deve ser feita a construção de um poço de modo a proteger a qualidade da água?
  - 5.2. Como proteger o entorno dos poços para evitar contaminações? Especialmente os poços de abastecimento público?
6. Existem muitas áreas contaminadas? Existe algum aquífero que foi perdido devido a contaminações?



O que garante a boa qualidade da água de poço?



## 1. Como é a qualidade natural da água subterrânea?

O Caderno 1 mostrou que a água subterrânea ocupa os poros entre as partículas sólidas dos materiais geológicos (sedimentos e rochas). Assim **um aquífero nada mais é do que uma formação geológica cujos poros são totalmente preenchidos por água**. Uma propriedade muito importante é que essa água está sempre em movimento, desde o momento em que a água entra no aquífero (recarga) até quando ela sai nos rios e lagos (descarga). **Durante o tempo em que a água fica no aquífero, ela interage com a rocha**. Nessa interação, a rocha libera elementos químicos (cátions e ânions) que vão então fazer parte da composição química da água subterrânea. As rochas têm composições distintas, então cada tipo de rocha vai liberar certos ânions e cátions, em maior ou menor quantidade. Portanto **a água subterrânea terá composições variadas, e isso depende da rocha com a qual ela interage**.

A grande maioria desses cátions e ânions não representam ameaça para a saúde humana. Portanto **a qualidade natural da água subterrânea em geral é muito boa**.

Mas, em alguns casos, existem substâncias, como o Flúor e o Cromo, que, dependendo das suas concentrações, podem tornar a água não potável. Por exemplo, de Ezaki et al. (2014, 2016) descrevem anomalias naturais de Flúor, acima do limite de potabilidade, no Estado de São Paulo.



Na grande maioria dos casos, a água subterrânea é potável, mas algumas vezes tem substâncias em concentrações que a tornam não potável, como Fluor e Cromo.

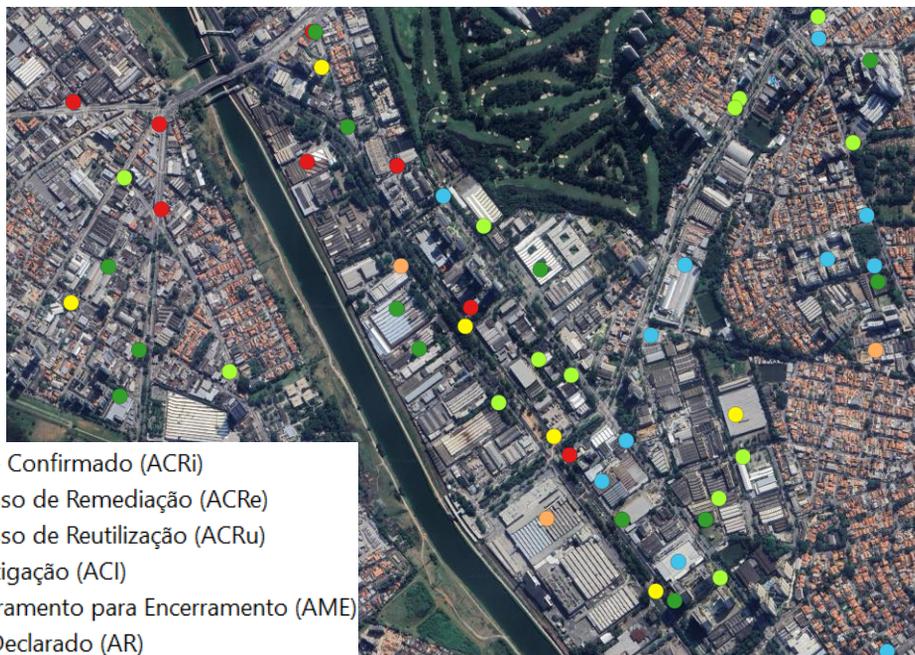


## 2. Quais são as ameaças à qualidade da água subterrânea?

As ameaças mais importantes à qualidade da água subterrânea são uma gama variada de **atividades humanas que tem o potencial de contaminar porções dos aquíferos e de tornar a água não potável**. Algumas das substâncias químicas utilizadas em indústrias tem toxicidade muito elevada, por isso, mesmo em pequenas concentrações, tornam a água não potável. Os **solventes organoclorados** são um exemplo desses tipos de substâncias. Por exemplo, na **região industrial do Jurubatuba** (zona sul da cidade de São Paulo), **inúmeros poços foram interditados** por causa da presença desses solventes.

Mas é importante enfatizar que, se os produtos perigosos forem adequadamente manejados, o risco de chegada ao solo e à água subterrânea diminui muito. Além disso, os tipos de aquíferos e os materiais geológicos que os compõem podem oferecer maior ou menor proteção para a água subterrânea. É o que vamos ver a seguir.

Localização de áreas contaminadas por solventes organoclorados na região industrial do Jurubatuba (zona sul da cidade de São Paulo). Inúmeros poços foram interditados.



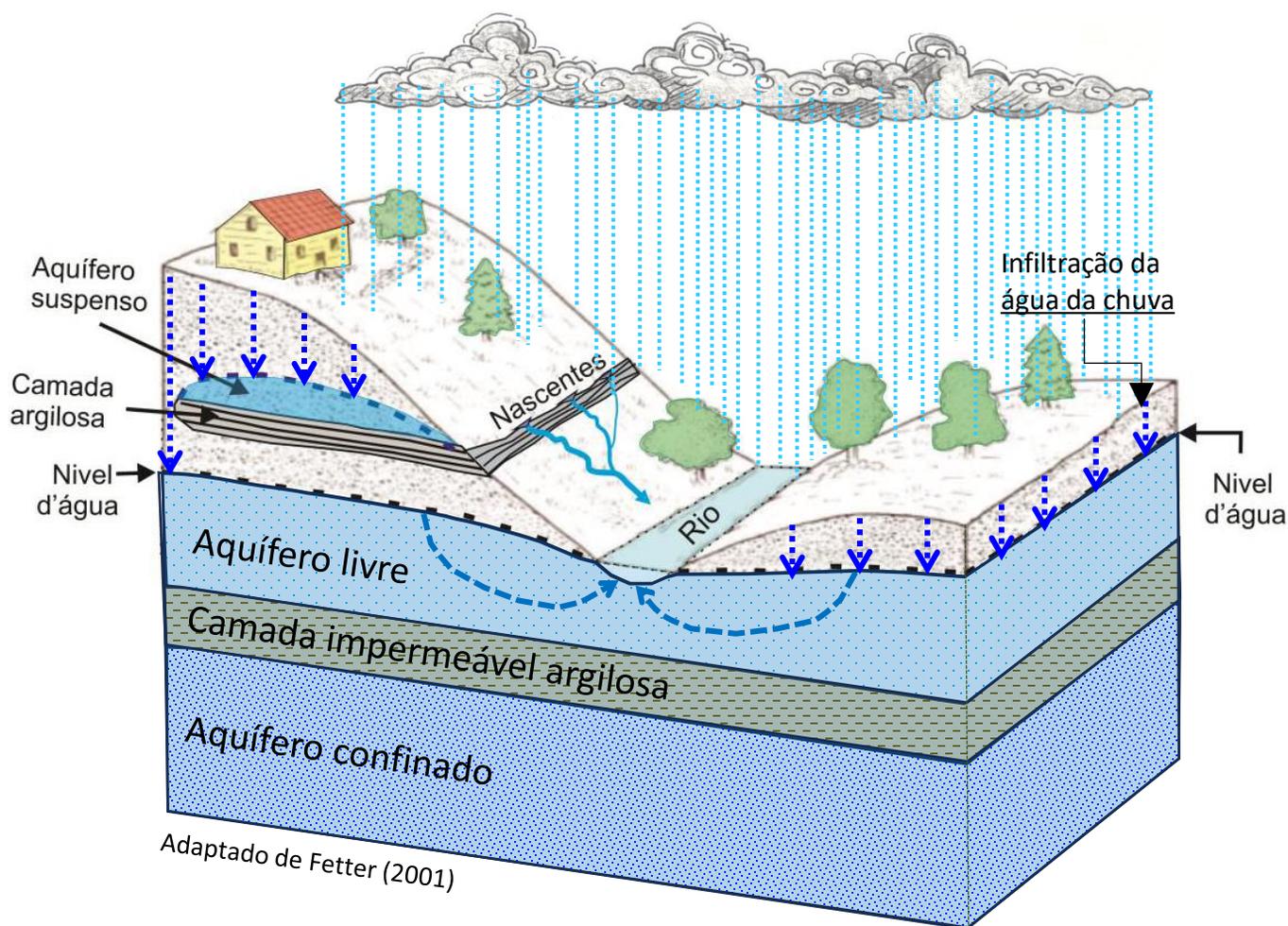
- Área Contaminada com Risco Confirmado (ACRi)
- Área Contaminada em Processo de Remediação (ACRe)
- Área Contaminada em Processo de Reutilização (ACRu)
- Área Contaminada sob Investigação (ACI)
- Área em Processo de Monitoramento para Encerramento (AME)
- Área Reabilitada para o Uso Declarado (AR)

Se os produtos perigosos forem adequadamente manejados, o risco de chegada ao solo e à água subterrânea diminui muito



### 3. Os aquíferos podem ser facilmente contaminados? Quais fatores controlam a existência de contaminações?

O subsolo e os aquíferos possuem características próprias que podem dificultar ou facilitar a chegada de contaminantes; essa propriedade é chamada de “**vulnerabilidade natural dos aquíferos**”. O tipo de aquífero (figura abaixo) e as características dos materiais que estão sobre o aquífero são fatores naturais que influem na vulnerabilidade.



Existem 3 tipos de aquíferos: Livre, Suspenso e Confinado

#### DIFERENÇAS ENTRE OS TIPOS DE AQUÍFEROS - RECARGA

Nos aquíferos **livre** e **suspenso** basta a **água da chuva infiltrar no solo** (setas azuis pontilhadas) que **ela chegará no aquífero**, pois não existe nenhum obstáculo que impeça a percolação dessa água. Essa **chegada de água de infiltração ao aquífero é chamada de RECARGA**. Já o  **aquífero confinado**, a recarga não acontece porque **ele é recoberto por uma camada impermeável**. No entanto, muitos aquíferos confinados possuem uma parte livre, e nessas regiões a água da chuva o recarrega.

Os aquíferos suspenso e livre interagem com os recursos hídricos superficiais, ou através de nascentes (suspenso), ou alimentando rios e lagos (livre). O aquífero confinado, de um modo geral, não contribui nem para rios, nem para nascentes.

## DIFERENÇAS ENTRE OS TIPOS DE AQUÍFEROS - TAMANHO

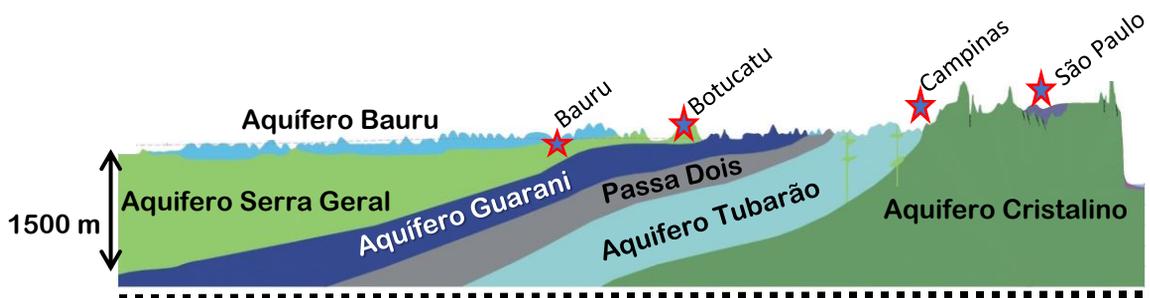
O aquífero suspenso é encontrado a pequenas profundidades (alguns metros) e se forma sobre camadas de materiais argilosos impermeáveis (figura acima); essas camadas se estendem lateralmente por algumas dezenas a poucas centenas de metros, e, por isso, **os aquíferos suspensos tem pequena dimensão**. Sua espessura (em geral alguns metros) pode diminuir muito durante a estação seca. Os **aquíferos livre e confinado são de grandes extensões laterais**, desde dezenas (ex., aquífero São Paulo) até centenas de quilômetros (ex, Tubarão e Bauru), ou mesmo mais de mil quilômetros, como o Guarani. O nível d'água do aquífero livre também é chamado de superfície freática, e se situa a alguns poucos metros até poucas dezenas de metros de profundidade. **As espessuras de aquíferos livres e confinados variam, em geral de 100 m até várias centenas de metros ou mais.**

### Aquíferos do Estado de São Paulo

Os aquíferos livre e confinado são de grandes extensões laterais, desde dezenas (ex., aquífero São Paulo) até centenas de quilômetros (ex, Tubarão e Bauru), ou mesmo mais de mil quilômetros, como o Guarani, que vai muito além das fronteiras do Estado de São Paulo.



★ cidades



Esta trincheira passa ao longo da linha tracejada no mapa.

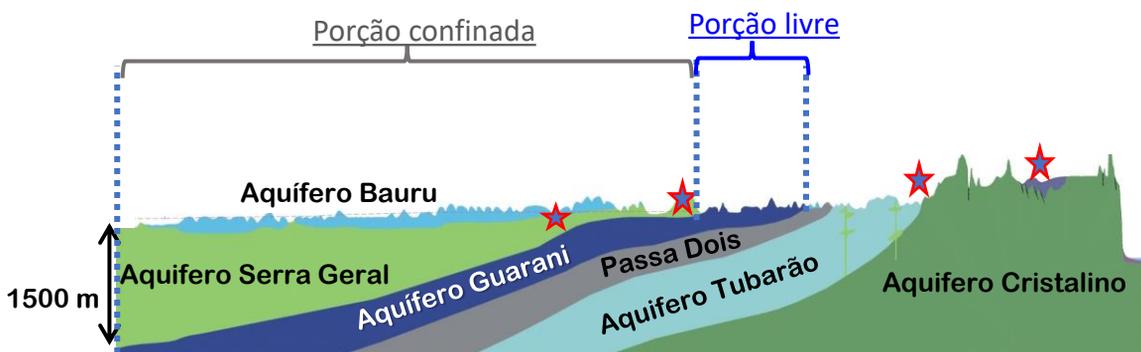
## Diferenças entre os tipos de aquíferos

### VULNERABILIDADE NATURAL: QUAIS SÃO OS AQUÍFEROS MAIS VULNERÁVEIS?

Como já dito, a água da chuva chega facilmente nos aquíferos suspenso e livre. Se houver **vazamento de contaminantes sobre o solo eles também chegarão facilmente nesses aquíferos. Portanto esses dois tipos de aquíferos são mais vulneráveis que o confinado**, pois este é protegido por uma camada impermeável. O aquífero Bauru é um exemplo de aquífero livre típico e, por isso, tem sido encontradas contaminações frequentes por Nitrato nas áreas urbanas que estão sobre esse aquífero. O Nitrato provém dos vazamentos das redes antigas de esgoto. Os materiais usados atualmente são de PVC e não sofrem corrosão, por isso não vazam.

Muitos aquíferos possuem porções confinadas e porções livres. Esse é o caso do Aquífero Guarani, que possui uma grande porção confinada (todo o oeste do Estado de São Paulo, bem como nos estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso). A porção livre do Aquífero Guarani possui alta vulnerabilidade e grande parte dela ocorre na região central do Estado de São Paulo, passando por Ribeirão Preto, Araraquara, São Pedro, Anhembi e muitas outras cidades. A área de recarga do Aquífero Guarani, é muito menor que a porção confinada. **Como a recarga é a única forma de renovar a água dos aquíferos, imagine como essa porção exposta do Guarani é importante.** Por isso existem estudos para preservá-la, de modo que a recarga nessa região seja em grande quantidade e que a boa qualidade natural seja mantida. Para saber mais, você pode consultar o trabalho da ONG Giramundo e Mutuando e também assistir um vídeo do Globo Rural (<https://globoplay.globo.com/v/8835092/>).

O Aquífero Guarani possui uma extensa porção confinada e uma porção livre bem menor



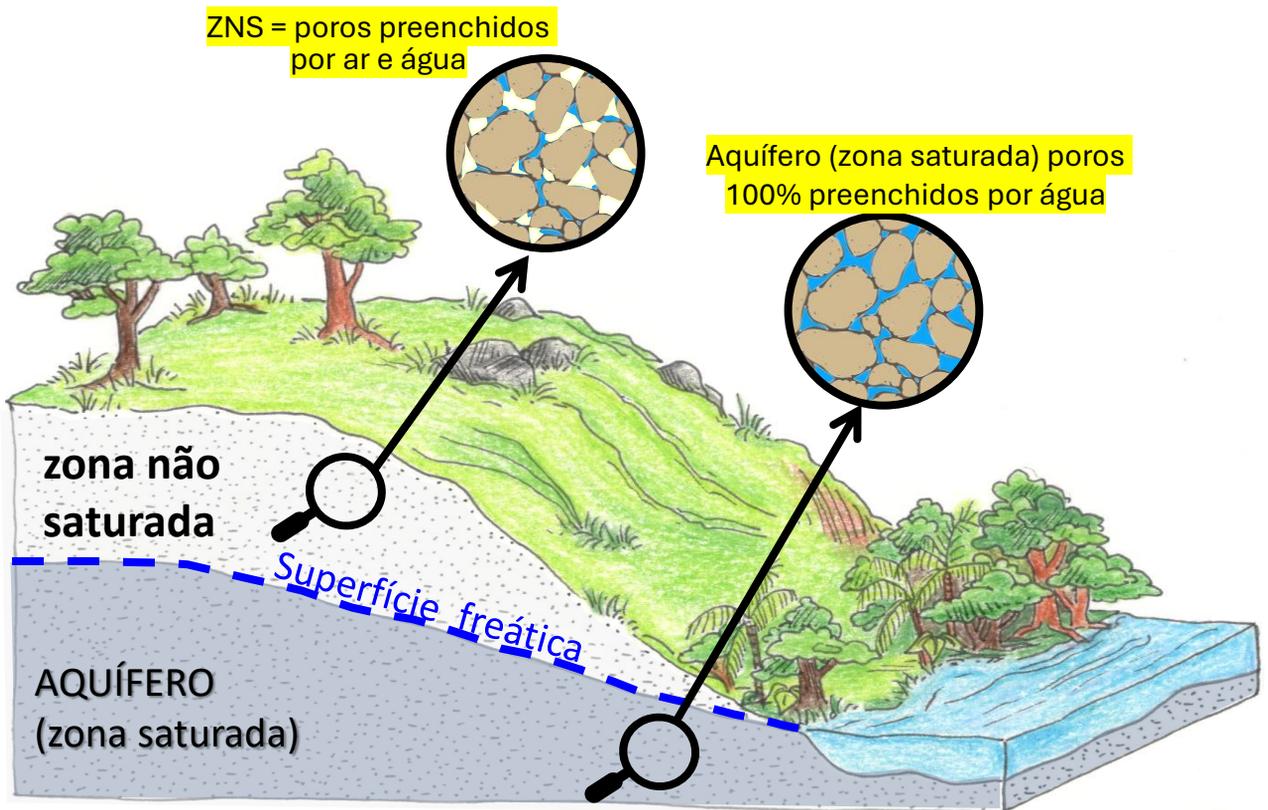
## O que mais influi na vulnerabilidade natural de um aquífero?

Falamos de infiltração de água da chuva (recarga) e de infiltração de substâncias tóxicas (contaminação) no solo e da chegada destes no aquífero. Mas antes de chegar no aquífero, a água e os contaminantes passam por uma camada chamada de zona não-saturada, em que os poros estão preenchidos por ar e água (explicação no caderno 1 e no glossário).

**Quanto mais facilmente os contaminantes atravessarem a zona não-saturada, mais vulnerável é o aquífero.** Assim, esta zona é muito importante e nesse caso a maior ou menor vulnerabilidade vai depender de:

- Espessura. **Quanto mais espessa a ZNS, menor a vulnerabilidade do aquífero**, pois nessa condição os contaminantes vão chegar mais rápido ao aquífero.
- Composição da ZNS. Se essa zona contiver uma **grande proporção de materiais que tem a capacidade de reagir (transformar) ou de reter os contaminantes, menor a vulnerabilidade**, pois menos substâncias tóxicas chegarão ao aquífero.

## O solo da zona não-saturada (ZNS) protege o aquífero



- ✓ Quanto mais espessa a ZNS, menos vulnerável é o aquífero.
- ✓ Se os materiais da ZNS tiverem capacidade de reter os contaminantes, o aquífero será menos vulnerável.

#### 4. Para que serve o mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos de uma região?

Os especialistas em hidrogeologia avaliam o tipo de aquífero e as características da zona não-saturada de uma dada região e produzem um zoneamento que é chamado de “**mapa de vulnerabilidade natural**”. Para que serve esse mapa?

Imagine que um governo municipal precisa determinar onde colocar áreas residenciais e áreas industriais. Estas últimas lidam com substâncias muito tóxicas e as primeiras não. Para onde você acha que devem ir as indústrias? Para as áreas menos vulneráveis (onde o aquífero é naturalmente mais protegido), concorda?

Agora imagine que o município quer reservar uma região para perfurar poços no futuro próximo. Se o potencial maior do aquífero estiver na região mais vulnerável, o que deve ser feito? Essa região deve ser preservada de atividades contaminantes e ao mesmo tempo a recarga deve ser favorecida para aumentar a disponibilidade, como discutido no Caderno 2.

Mais à frente, neste caderno, falaremos de mais uma aplicação de mapas de vulnerabilidade que é a avaliação do perigo de contaminação.

Portanto, conhecer a **vulnerabilidade dos aquíferos no território municipal** e de uma bacia tem aplicações muito importantes que tem **consequências para a saúde pública e para a segurança hídrica!**

#### Planejamento do uso e ocupação do território municipal



- ✓ As áreas mais vulneráveis podem ser destinadas à preservação ambiental, expansão residencial e também futura perfuração de poços.
- ✓ As áreas menos vulneráveis podem ser ocupadas por indústrias.

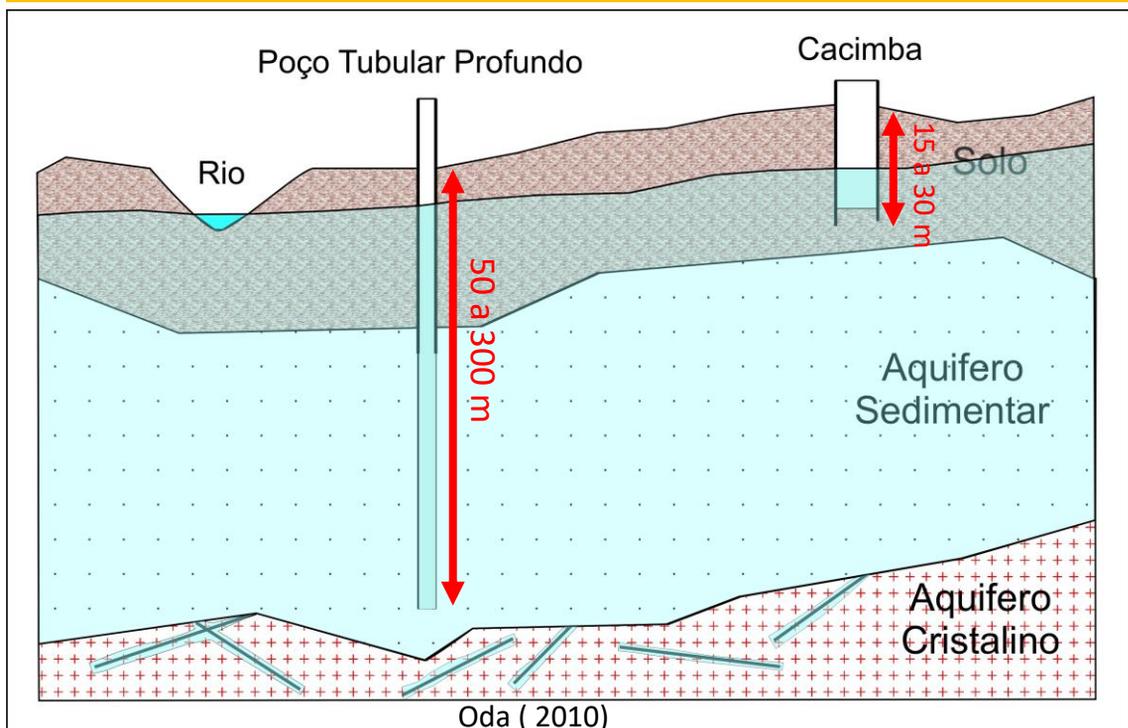
## 5. Quais instrumentos devem ser usados para a proteção da água subterrânea?

Aqueles que trabalham com saneamento e fornecimento público de água podem e devem utilizar alguns instrumentos de proteção da qualidade das águas subterrâneas. São eles:

- ✓ **Construção adequada de poços** (veja os tipos de poços na figura abaixo), que visa a **proteção sanitária da água extraída** por um poço, bem como o seu bom rendimento;
- ✓ **Perímetro de Proteção de Poços**, que visa a determinação das atividades que podem ser instaladas no entorno dos poços;
- ✓ **Mapa de vulnerabilidade natural**, ideal para o **planejamento da ocupação** dos territórios municipais, como já visto;
- ✓ **Mapa de perigo de contaminação**, que faz uma análise conjunta das atividades potencialmente contaminantes já instaladas e do mapa de vulnerabilidade natural.

Vamos ver como esses instrumentos funcionam. Além disso o leitor pode encontrar informações detalhadas em Oda (2010), Iritani & Ezaki (2012), Foster et al. (2006) (ver referências bibliográficas ao final deste Caderno).

### Existem 2 tipos de poços, o tubular (ou artesiano) e o poço escavado



Nesta representação do subsolo, vêm-se 3 camadas. O poço escavado é de maior diâmetro e fica na camada mais rasa, que é o solo. O poço tubular (popularmente conhecido como artesiano), de menor diâmetro e bem mais profundo, primeiro passa pelo solo e em seguida atravessa rochas. Neste caso, o poço tubular atravessa uma rocha sedimentar (aquífero sedimentar), por exemplo, um arenito. Mas abaixo, está a rocha cristalina (aquífero cristalino), por exemplo, um granito, gnaiss, xisto etc.

## Como deve ser feita a construção de um poço?

A construção de um poço deve seguir as normas existentes (Instrução Técnica DAEE/DPO nº 06/2013 e nº 10/2017), dentre elas a Proteção Sanitária (Norma NBR 12244). Se estas normas não forem seguidas, o próprio poço pode passar a ser um veículo de contaminação das águas que extrai, pois ele próprio pode fazer uma conexão direta entre o aquífero e possíveis atividades contaminantes próximas ao poço.

Fazem parte da proteção sanitária: cimentação do trecho mais raso do poço, entre o furo e o tubo de boca (revestimento externo); laje de concreto com inclinação para fora; os tubos de revestimento devem estar acima da superfície do terreno e, após terminada a construção, essa abertura deve ser fechada por tampa com cadeado. Nas figuras abaixo são mostrados os elementos de proteção sanitária do poço escavado e do poço tubular, conhecido popularmente como poço artesiano.

Mais detalhes podem ser encontrados em Oda (2010), no link [https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2015/06/roteiro-orientativo\\_2edicao\\_2012.pdf](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2015/06/roteiro-orientativo_2edicao_2012.pdf)

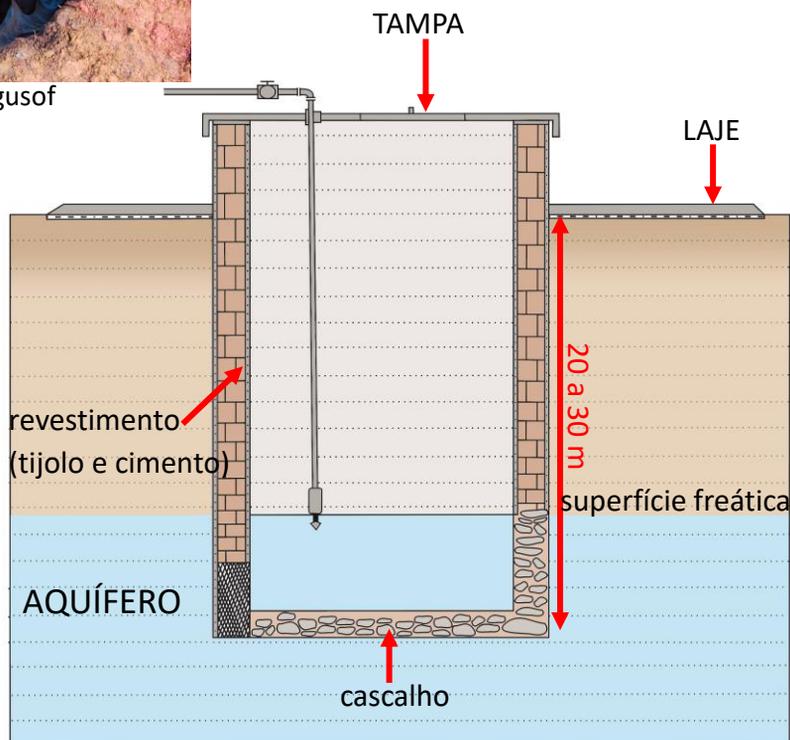


Foto: Alexandra Suhogusof

### POÇO ESCAVADO

Proteção sanitária:

- ✓ Tampa
- ✓ Laje
- ✓ Revestimento



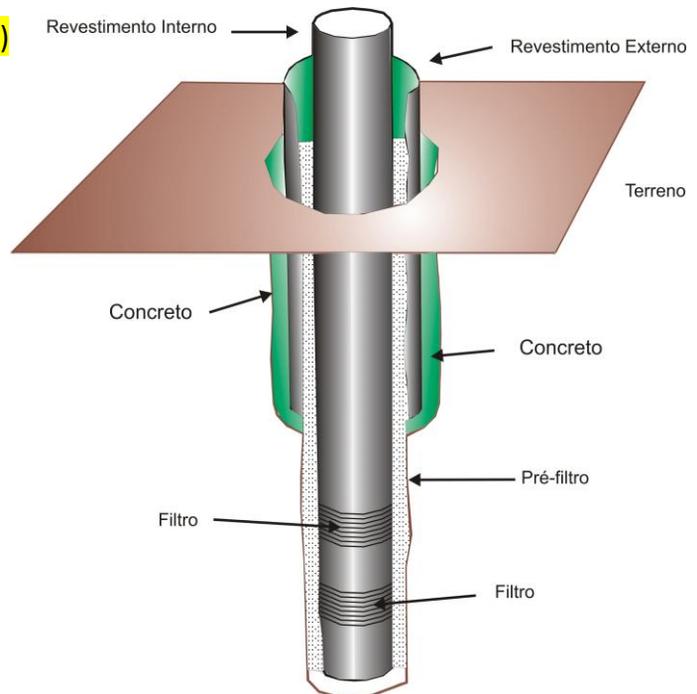
Desenho: Iritani & Ezaki (2012)

## POÇO TUBULAR (ARTESIANO)

### Proteção sanitária:

- ✓ Tampa
- ✓ Laje de cimento
- ✓ Revestimento externo (tubo de boca)
- ✓ Concreto entre o revestimento externo e a parede do furo

Neste caso, além da proteção sanitária, o poço também possui revestimento interno composto por tubo liso (fechado) e filtro (tubo com fendas).



Desenho: Oda (2010)

### CIMENTAÇÃO



A cimentação é feita entre o tubo de boca (revestimento externo) e a parede do furo para proteger o poço de algumas contaminações mais rasas, como fossas, por exemplo.

### PRÉ-FILTRO



Fotos:  
Amélia  
João  
Fernandes

Entre o revestimento interno e a parede do furo, coloca-se o pré-filtro, que é uma areia grossa que tem a capacidade de reter os materiais finos que vem junto com a água durante o bombeamento.

## 5.2. Como proteger o entorno dos poços para evitar contaminações?

O entorno dos poços idealmente deve ser livre de atividades potencialmente contaminantes. **Na medida em que a bomba do poço é acionada** e assim permanece durante 8, 10 ou mais horas ao dia, a água extraída é capturada de uma área circular ou em formato de elipse no entorno do poço. A forma e tamanho desse entorno é o que se chama de **Perímetro de Proteção de Poços**, que é determinado pela vazão do poço, material que forma o aquífero e a direção de fluxo da água subterrânea no aquífero.

Um conceito muito importante é que toda a água subterrânea, dentro da área do perímetro, um dia chegará ao poço, e quanto mais perto do poço, mais rápido essa água chega. A situação ideal é que não sejam colocadas atividades que ameacem a qualidade da água subterrânea dentro do perímetro de proteção.

Informações mais detalhadas sobre os PPP podem ser encontradas em Iritani & Ezaki (2012).

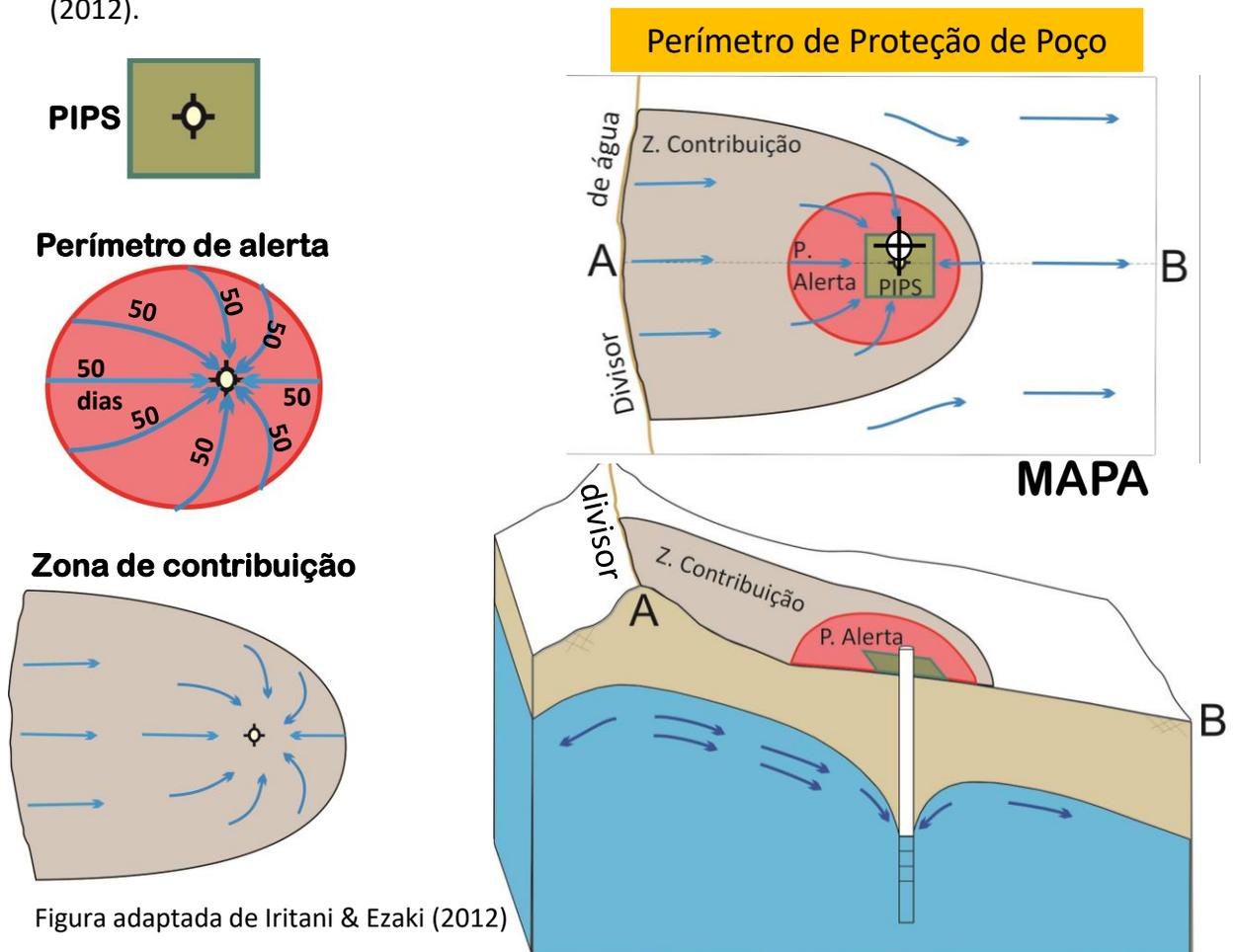


Figura adaptada de Iritani & Ezaki (2012)

**PIPS =** **Perímetro Imediato de Proteção Sanitária.** Esta é **área ao redor do poço que deve ser cercada** para não haver perigo de derramamento de qualquer contaminante dentro dela.

**Perímetro de alerta.** A água no limite deste perímetro chegará ao poço em 50 dias, por isso **não deve haver qualquer fonte de bactérias, tais como fossas,** dentro do mesmo.

**Zona de contribuição.** A água que estiver em **qualquer ponto dentro desta zona um dia chegará ao poço,** por isso dentro dela não se deve, de um modo geral, permitir atividades que lidem com produtos perigosos. O método POSH (Foster et al. 2006) deve ser usado para avaliar caso a caso.

## Uso dos perímetros de proteção de poços (PPP) para avaliação de perigo

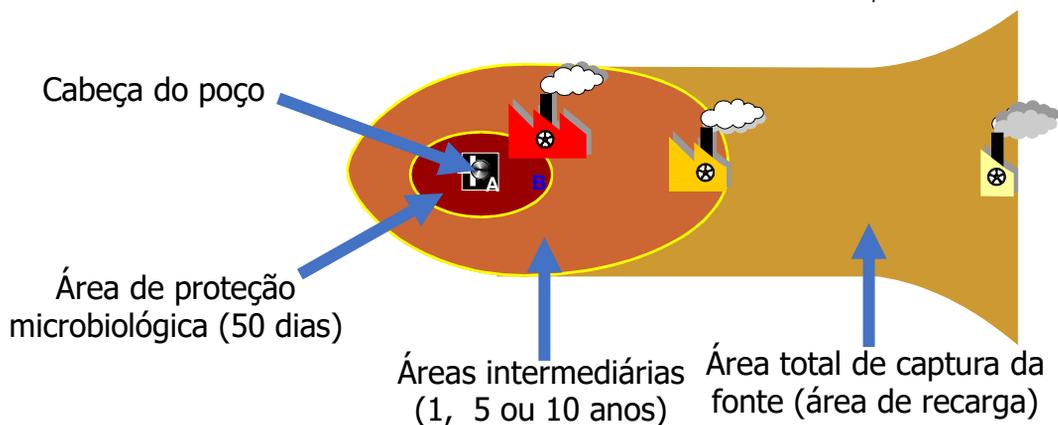
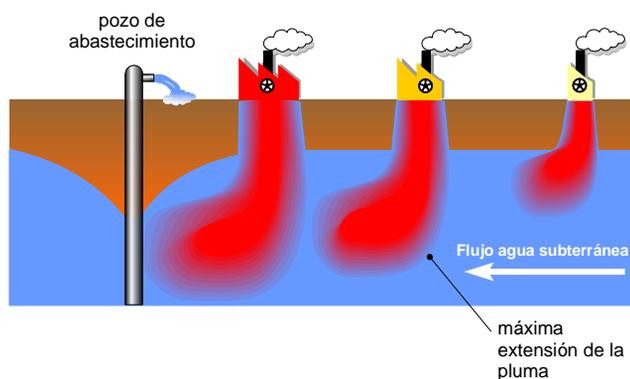
A situação mais comum é que a escolha de locais para a perfuração dos poços existentes não passou pela delimitação dos PPP. Portanto, **podemos ter muitas situações de conflito já estabelecidas no terreno, como atividades potencialmente contaminantes dentro das áreas do entorno de poços**. Diante disso, o que pode ser feito? Em primeiro lugar deveria ser feita uma **avaliação de perigo de contaminação com relação aos poços de abastecimento público**. Isso passa por delimitar os PPP e fazer um levantamento das atividades potencialmente contaminantes dentro dos mesmos de modo a **identificar onde há maior perigo de contaminação**. Com isso podem ser estabelecidas prioridades, decidindo por onde começar a coletar e analisar a água extraída dos poços. Esse procedimento é **fundamental para os poços de abastecimento público** e, dependendo da situação, é possível que um ou mais poços precisem ser tamponados (cimentação da boca do poço) para impedir sua utilização.

O ideal é que quando se planeja a **perfuração de um novo poço** de abastecimento público, deve ser escolhido um **local onde não há atividades potencialmente contaminantes** e nem áreas contaminadas dentro do perímetro de proteção. Após a perfuração do poço, o PPP deve ser utilizado para impedir que atividades contaminantes venham a ser instaladas dentro dele.

No caso de usuários privados, é importante **consultar o cadastro de áreas contaminadas da CETESB** e também se informar se existem atividades que lidem com produtos perigosos no seu entorno. Além disso, deve ser feita uma **análise da água do poço como preconiza o procedimento de pedido de outorga junto ao DAEE**.

Informações mais detalhadas sobre avaliação de perigo utilizando os PPP podem ser encontradas em Foster et al. (2006).

Na avaliação de perigo, as fontes potenciais de contaminação dentro do PPP devem ser mapeadas. Com isso avalia-se o perigo e dependendo da situação o poço deve ser tamponado.



## Uso dos mapas de vulnerabilidade para avaliação de perigo

Já falamos que uma excelente aplicação dos mapas de vulnerabilidade é **planejar o uso e ocupação do solo**. Além disso, esses mapas também servem para **avaliar onde estão os maiores perigos de contaminação**. Para isso, um passo muito importante é conhecer os locais onde existem atividades que podem causar contaminação. O mapa de distribuição dessas atividades deve ser superposto ao mapa de vulnerabilidade e então as **regiões que apresentam maior perigo de contaminação serão identificadas como prioritárias para serem monitoradas ao longo do tempo**. Esse monitoramento consiste em analisar amostras de água subterrânea no entorno das atividades que oferecem maior perigo. Assim, se a água se tornar não potável, poderão ser tomadas medidas para que não sejam ingeridas pela população.

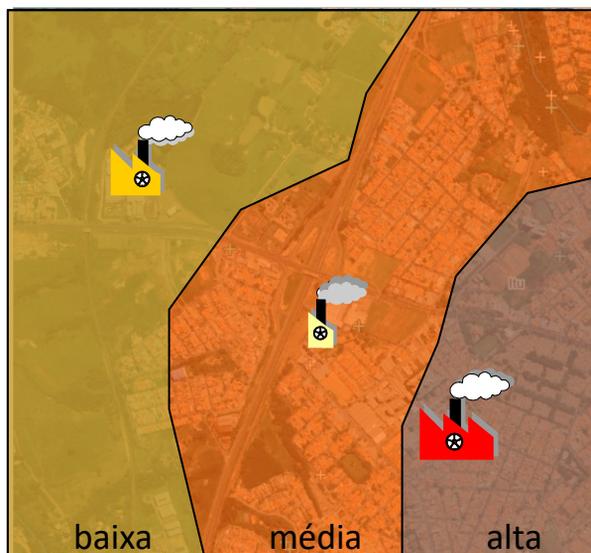
Um uso dos mapas de atividades potencialmente contaminantes é a **escolha de locais para a perfuração de poços públicos**, de modo a evitar que sejam construídos próximos às atividades que oferecem perigo de contaminação.



Mapa de atividades potencialmente contaminantes



Carga contaminante potencial

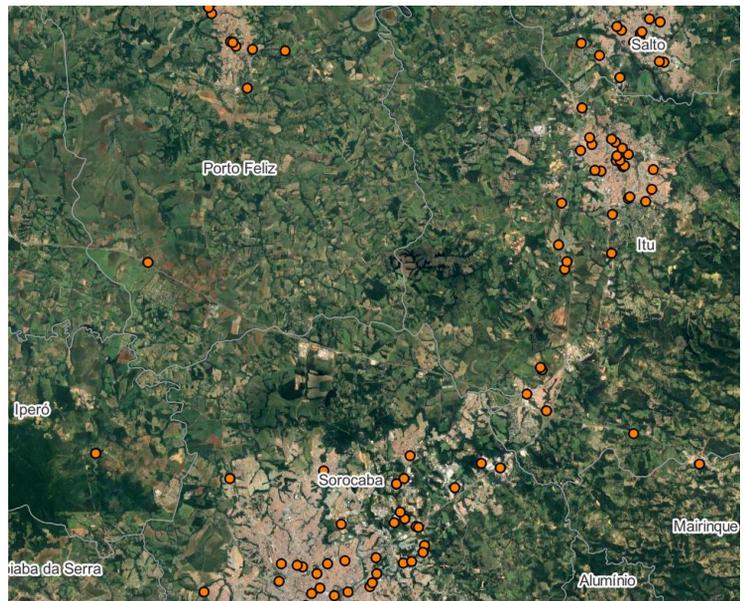


Mapa de atividades potencialmente contaminantes sobreposto pelo mapa de vulnerabilidade natural com 3 classes: baixa, média e alta. A carga contaminante potencial é de 3 classes: reduzida, moderada e elevada. Nota-se que há uma carga elevada na área de vulnerabilidade elevada. Esta é uma situação de perigo elevado, portanto é uma prioridade e uma atitude a tomar é fazer monitoramento para verificar possíveis contaminações em poços. As demais situações devem ser também avaliadas.

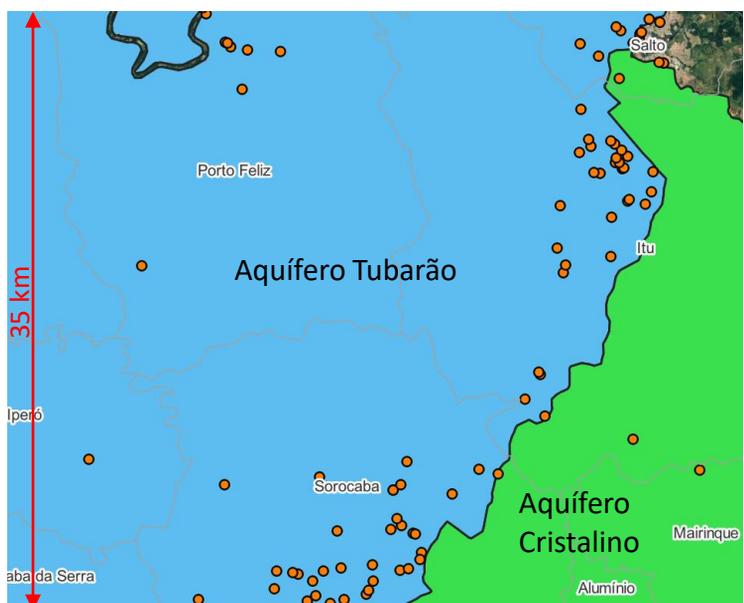
## 6. Existem áreas contaminadas? O que fazer com elas?

O mais sábio é usar medidas preventivas para evitar que as contaminações aconteçam, pois remediar sai muito mais caro do que prevenir. No entanto, já existem muitas áreas contaminadas. Por exemplo na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, no ano de 2019, foram contabilizadas 198 áreas contaminadas e 20 remediadas (Relatório de Situação 2019-2020). A instância que lida com as mesmas é chamada de “Gerenciamento de Áreas Contaminadas”, sob responsabilidade da Cetesb. Muitas áreas contaminadas já foram descobertas e a Cetesb mantém um cadastro que é aberto à população e pode ser consultado para saber onde as áreas estão, quais são os contaminantes presentes em cada uma e em que estágio a área se encontra. De forma breve, os estágios são: em estudo para confirmar se existe contaminação; contaminação confirmada; em remediação; re-habilitada para determinados usos.

Esta é uma porção da Bacia Sorocaba e Médio Tietê, onde se vêem total ou parcialmente os municípios de Sorocaba, Itu, Salto, Alumínio, Mairinque, Iperó e Araçoiaba da Serra. **As áreas contaminadas (bolinhas laranja) estão em sua grande maioria nas áreas urbanas, justamente onde está a maioria dos poços.**



Esta é a mesma região acima, mas agora mostrando os aquíferos Tubarão (azul) e Cristalino (verde). Note que as contaminações se concentram no Aquífero Tubarão ao longo do cinturão Sorocaba-Itu-Salto. **As contaminações são de dimensões bem menores que os aquíferos.** Portanto, mesmo onde há maior quantidade de áreas contaminadas, ainda existem porções em que os aquíferos tem boa qualidade de água. No entanto, é muito importante avaliar a situação dos poços localizados próximo a essas áreas, pois parte deles pode estar em situação de perigo de contaminação.



## A existência de uma ou mais contaminações não compromete o aquífero como um todo

É muito importante destacar que a existência de uma ou mais contaminações não compromete o aquífero como um todo. **As dimensões das áreas contaminadas são muito pequenas com relação ao tamanho do aquífero.** Os seus comprimentos mais comuns são da ordem de 100 a 300 m, enquanto os aquíferos têm desde dezenas a centenas de quilômetros de extensão. Também é importante dizer que a contaminação não se espalha para todos os lados dentro do aquífero. A contaminação segue o fluxo da água subterrânea, que acontece em uma direção bem definida.

**Faz parte do gerenciamento de áreas contaminadas, sob responsabilidade da CETESB, restringir o uso da água subterrânea.** Essa é uma prática necessária para não haver o risco de ingestão de água contaminada, ou seja, é uma questão de saúde pública. A delimitação da área não é algo simples, pois necessita de especialistas e de critérios técnicos robustos. Depois de contaminada, a área poderá ser recuperada, ou seja, remediada. Isso deve ser feito, pois esperar que a contaminação deixe de existir de forma natural leva muito tempo. No entanto, é bom lembrar que **os custos da remediação em geral são elevados e o tempo é longo, portanto é sempre melhor prevenir.**

Por fim, a grande maioria das áreas contaminadas estão nas regiões urbanas, nas cidades, onde operam muitas atividades potencialmente contaminantes. **Um trabalho de prevenção muito importante é que a expansão urbana, que tem crescido bastante, não leve consigo as contaminações, por isso é necessário tomar as medidas de proteção.** Este e outros aspectos das águas subterrânea em áreas urbanas são tratados em Hirata et al. (2015).

Na área da figura há 2 áreas contaminadas (bolinhas laranja). Para ter uma noção das dimensões de áreas contaminadas com relação ao tamanho dos aquíferos, **façamos a hipótese de que a área contaminada associada ao círculo laranja teria um comprimento de 300 m** (a maioria tem entre 100 e 300 m). Para comparação retorne à ilustração dos aquíferos da figura anterior, o lado vertical da figura tem 35 km e ela mostra apenas uma pequena parte do Aquífero Tubarão.



## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### Boa qualidade natural

\* **A água subterrânea na grande maioria dos casos tem boa qualidade natural** e não oferece risco à saúde pública. Apesar disso, após a perfuração de um poço, deve ser coletada e analisada uma amostra da água para verificar se a sua composição é compatível com os parâmetros de potabilidade (Ministério da Saúde, Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017, <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/daf/pnpmf/orientacao-ao-prescritor/Publicacoes/portaria-de-consolidacao-no-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>).

### Ameaças à qualidade

As maiores ameaças à qualidade da água subterrânea são as **atividades humanas que lidam com substâncias tóxicas**. E há um grande número delas, principalmente nas áreas urbanas, que é justamente onde há uma grande quantidade de poços, tanto públicos como privados.

A melhor atitude a se tomar, é a prevenção de modo que a água dos poços não venha a ser contaminada, no entanto, essa não tem sido uma atitude frequente.

### Instrumentos de prevenção para proteção da qualidade da água subterrânea

Existem alguns instrumentos de proteção das águas subterrâneas (ou de prevenção) que podem ser muito eficientes. São eles:

- **Construção adequada dos poços**, seguindo a norma de proteção sanitária.
- **Perímetro de Proteção de Poços**. O local de perfuração de um novo poço deve ser escolhido de modo que não existam atividades que podem contaminar dentro do seu PPP. Além disso, o PPP também deve ser usado para verificar se existem ameaças à qualidade da água no entorno de poços existentes.
- **Mapas de vulnerabilidade natural dos aquíferos**. Estes mapas servem tanto para um planejamento de uso e ocupação do solo (expansão de áreas urbanas, por exemplo), como para identificar prioridades dentro de áreas que já tem atividades e poços instalados, como será visto a seguir.

### Instrumentos de identificação de prioridades para proteção da saúde da população

Existem também instrumentos de identificação de prioridades para tomada de medidas que visam a proteção da saúde pública. Estes são:

- **Mapas de Perigo de Contaminação**. Estes mapas servem para identificar onde existem os maiores perigos de contaminação. Para isso usa-se um mapa de distribuição das atividades contaminantes junto com um mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos. Nos locais de maior perigo pode ser implementado o monitoramento, para impedir a ingestão de água contaminada pela população, além de outras medidas.
- **Mapa de áreas contaminadas**. O mapa de perigo serve para as atividades que podem vir a contaminar, por outro lado, o gerenciamento de áreas contaminadas, de responsabilidade da Cetesb, serve tanto para a interdição de poços cuja água já está contaminada, como para a implementação de remediação visando tornar a água novamente própria para algum tipo de uso.

## CONHECIMENTO JÁ EXISTE, É NECESSÁRIO APLICÁ-LO!

Com a utilização adequada dos instrumentos mencionados é possível tanto proteger os aquíferos e assim manter a disponibilidade deste recurso visando a segurança hídrica atual e das gerações futuras, como proteger a saúde pública. Convidamos aos que lidam com exploração de água subterrânea e saneamento a se engajarem nessa causa. Conhecimento já existe, e é necessário e premente aplicá-lo!

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ezaki, S., Pérez-Aguilar, A., Hypolito, R., & Shinzato, M. C. (2016). Anomalias de flúor nas águas subterrâneas do estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 37(1), 65-98.

Ezaki, S., Iritani, M. A., Veiga, C., & Stradioto, M. R. (2014). Hidroquímica dos aquíferos Tubarão e Cristalino na região de Indaiatuba-Rafard, Estado de São Paulo. *Pesquisas em Geociências*, 41(1), 65-79.

Foster, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D'Elia, M.; Paris, M. 2006. Proteção da qualidade da água subterrânea. Um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. GWMate, World Bank, Washington, 104 p. Traduzido a partir de Foster et al. (2002) por Servmar Serviços Técnicos e Ambientais Ltda.

Hirata, R., Foster, S., Oliveira, F., & Cardoso, E. R. (2015). Águas subterrâneas urbanas no Brasil: avaliação para uma gestão sustentável. 112p. Instituto de Geociências USP.

Iritani, M & Ezaki, S (2012) Roteiro orientativo para delimitação de área de proteção de poço. Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos # 2. Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo.

[https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2015/06/roteiro-orientativo\\_2edicao\\_2012.pdf](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2015/06/roteiro-orientativo_2edicao_2012.pdf)

Oda, GH (2010) Como construir um poço tubular profundo. Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo.

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2017/01/como-construir-um-poco-tubular-profundo/>

### CADERNOS E VÍDEOS PRODUZIDOS PELO PRÓ|AQUÍFEROS

Vídeo 1 – 7 fatos sobre os aquíferos. Esses reservatórios gigantes fazem parte da sua vida

Vídeo 2 – Aquíferos em áreas urbanas. 5 boas práticas para a sustentabilidade

Vídeo 3 – Conheça os 6 passos para ter poços sustentáveis

Vídeo 4 - Quem cuida da água para que não falte no futuro?

Caderno 1 – O que é um aquífero? Conceitos básicos de águas subterrâneas

Caderno 2 – Disponibilidade de água nos aquíferos

Caderno 3 – Proteção e qualidade das águas subterrâneas

Caderno 4 – Gestão das águas subterrâneas para a sustentabilidade

Caderno 5 – Glossário de águas subterrâneas