

# TESTES DE VAZÃO

Ivanir Borella Mariano<sup>(1)</sup>

## RESUMO

A utilização dos sistemas aquíferos para diversas finalidades como exploração e gestão da água subterrânea, injeção de água, determinação de área de proteção, preservação qualitativa e quantitativa, etc., implica no conhecimento da geometria do reservatório e na definição das suas condições limites, bem como da avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos. Estes parâmetros são determinados através de interpretação das medidas e observações precisas e metódicas efetuadas durante os testes de bombeamento.

Seus objetivos principais visam atender aos interesses do órgão de gestão que deseja saber onde e quanto de água é possível extrair de um aquífero, quais são as implicações durante a exploração da captação subterrânea, através de poços individualizados ou bateria e diagnósticos ambientais, bem como atender ao usuário pontual que deseja conhecer condições da exploração de sua obra. Isto é suprido pelo conhecimento dos parâmetros hidráulicos e sua distribuição no espaço.

Para tanto, os ensaios de bombeamento devem ser adaptados em função da natureza do sistema a avaliar, dos parâmetros a serem pesquisados, levando em consideração os objetivos a atingir dentro de uma otimização do custo, devendo os mesmos visar um objetivo preciso, sempre associado às condições hidrogeológicas locais a fim de evitar gerar resultados inconsistentes.

## ABSTRACT

The utilization of aquifers systems for many purpose such as exploration, ground water manegement, water inject, protection area, quality and quantit, preservation, demands the knowledge of reservoir geometry and definitions of the border conditions and hidrodinamics valuationin.

These are determined though observations and study of the numbers and measure during pumping tests.

The main objetives is determine where and the quantity of water to be explored getting maximum exploration with no damage to environment and a sustain development. Good resultry come from hydraulics parameters knowledge and space distribution. Pumping tests must be adjust the nature of

<sup>(1)</sup> Ivanir Borella Mariano – Água Solo – Rua Levon Apovian, 262 Cep 05518-110 – São Paulo (11).3742.6030 – ivanirbm@uol.com.br

system to be studied, looking for costs and precise results.

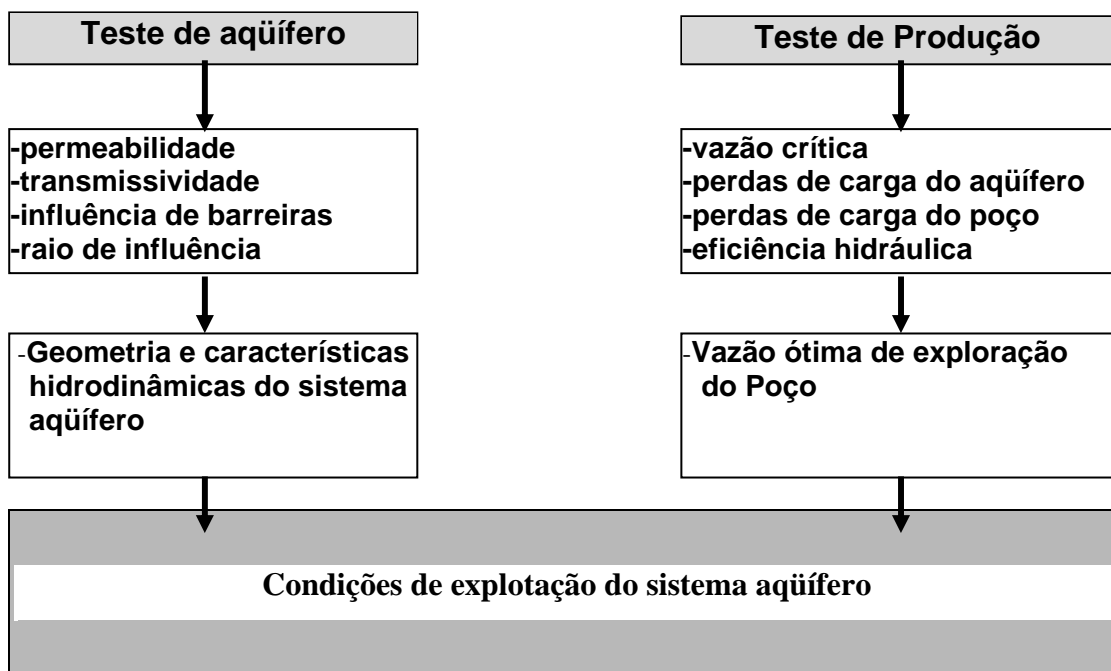
A utilização dos sistemas aquíferos para diversas finalidades como exploração e gestão da água subterrânea, injeção de água, determinação de área de proteção, preservação qualitativa e quantitativa, etc., implica no conhecimento da geometria do reservatório e na definição das suas condições limites, bem como da avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos. Estes parâmetros são determinados através de interpretação das medidas e observações precisas e metódicas efetuadas durante os testes de bombeamento.

## **1 – OBJETIVOS DOS TESTES DE BOMBEAMENTO**

As condições de exploração de um sistema aquífero podem ser analisadas segundo duas finalidades através dos testes de aquífero (Aquifer test) e de produção (Well test).

- 1.1-atender aos interesses do órgão de gestão que deseja saber onde e quanto de água é possível extrair de um aquífero e quais são as consequências durante a exploração da captação subterrânea através de uma bateria de poços para suprir o abastecimento de uma cidade ou para atender sistemas de irrigação. Isto é suprido pelo conhecimento dos parâmetros hidráulicos e sua distribuição no espaço
- 1.2-atender o usuário pontual que deseja principalmente conhecer condições da exploração de sua obra.

Apesar dos testes de aquífero e de poço serem complementares e necessários, a partir de cada um obtém-se as seguintes determinações, conforme esquematizado abaixo:



As expressões “teste de aquífero” e “teste de poço” são as mais adequadas na hidráulica subterrânea, todavia na literatura e na apresentação dos resultados encontram-se nomenclaturas com o mesmo significado, ou seja:

- teste de aquífero ou teste contínuo, ou de produção a vazão máxima
- teste de poço ou teste de produção ou teste de produção escalonado ou teste de vazão escalonado ou teste em etapas.

## 2 – PROGRAMAÇÃO DE UM TESTE DE BOMBEAMENTO

O programa de ensaio deve ser adaptado em função da natureza do sistema a avaliar, dos parâmetros pesquisados, levando em consideração os objetivos a atingir dentro de uma otimização do custo, que pode representar a expressão do teste. Não existe um método universal para realizar um teste de bombeamento, devendo os testes visar um objetivo preciso a serem adaptadas as condições hidrogeológicas particulares a fim de evitar gerar resultados incoerentes.

Para realizar um teste de aquífero, a programação deve seguir as etapas mencionadas no organograma simplificado.

### 2.1 – Pesquisas dos parâmetros do sistema aquífero – Teste de aquífero

O programa de teste deve juntar todas as informações hidrogeológicas disponíveis:

- tipo de sistema aquífero

- litologia das rochas atravessadas
- espessura do aquífero e seus limites prováveis
- níveis piezométricos e amplitude de variação
- vazões e rebaixamento medidos durante a perfuração e no desenvolvimento

### UM TESTE DE BOMBEAMENTO PARA

Avaliação dos parâmetros do sistema

aquífero

TESTE DE AQUÍFERO

Avaliação das características

do poço

TESTE DE POÇO

### INFORMAÇÕES HIDROGEOLÓGICAS

AQUÍFERO CONFINADO

AQUÍFERO LIVRE

Vazão máxima

Raio de influência

### 3-CRITÉRIOS DE ESCOLHA DO SITIO

- Acesso
- Presença do Piezômetro
- Despejo da água bombeada
- Outros poços em exploração
- Tipo de Aquífero
- Especificação dos Piezômetros
- Características geométricas da captação
- Condições de bombeamento
- Vazão de bombeamento
- Duração do bombeamento

Para determinar a vazão e a duração do teste de aquífero torna-se necessário conhecer a ordem de grandeza dos parâmetros a avaliar e disponíveis tais como:

- rebaixamento final que no caso do aquífero confinado não deve ultrapassar o topo do aquífero (?), podendo ser limitado a profundidade da câmara de bombeamento. No caso do aquífero livre o rebaixamento será inferior 0,3 vezes a espessura do aquífero (?) e no caso de poço

incompleto a 0,3 vezes a lâmina de água disponível no poço (?). As interrogações são citações teóricas, que na realidade os rebaixamentos podem ser ultrapassados desde que controlados e mesmo porque rebaixar além do topo do aquífero confinado, se implicará na mudança do coeficiente de armazenamento e diminuindo o raio de influência. No caso do rebaixamento do aquífero livre, a grande maioria do aquífero tido como livre, não é livre geralmente são de transição.

- Permeabilidade, transmissividade, armazenamento podendo ser avaliados valores prováveis em função das litologias das rochas atravessadas.
- Vazão de bombeamento a partir dos dados obtidos na perfuração e no desenvolvimento podendo ser calculado pela fórmula de Jacob aplicada, não levando em consideração as perdas de carga imputada pelo método de desenvolvimento aplicado.
- Raio de influência estimado pelas equações de fluxo para definir possíveis interferências com outros poços em operação.
- Distância do poço bombeado a uma barreira hidráulica podendo limitar o raio de ação caso seja negativa ou passar a alimentar o poço se for positiva, sempre correlacionada em função do tempo de bombeamento.
- Lançamento da água bombeada principalmente em aquífero livres para evitar retorno ao poço quando estagna e infiltra em superfície.
- Proximidade do poço operando no raio de ação podendo interferir sobre o rebaixamento.
- Presença de piezômetros que permitam controlar a evolução da zona de rebaixamento e calcular o coeficiente de armazenamento, bem como acessar os efeitos de barreiras.
- Características geométricas do poço como diâmetro, profundidade total, profundidade e comprimento dos filtros, que podem ser limitados para os equipamentos de bombeamento e a vazão máxima. Além disso, deve se ter informações sobre a construção do poço.
- Condições de bombeamento com definição da duração do bombeamento mínimo de 24 hs permitindo caracterizar os efeitos de capacidade do poço, de penetração parcial e determinar T e S. No caso do poço incompleto o tempo de bombeamento deve ser suficiente para obter a

evolução do rebaixamento na fase final. No caso específico do aquífero semi confinado ou livre o tempo deve permitir observar o fenômeno de drenança e no caso do aquífero limitado por barreiras o tempo deve permitir confirmar o efeito de realimentação ou de estanqueidade.

#### **4- PESQUISA DAS CARACTERÍSTICAS DO POÇO – TESTE DO POÇO**

A finalidade do teste de poço consiste em avaliar as características do poço para deduzir a vazão ótima de exploração de acordo com o interesse do usuário. Esse tipo de ensaio requer associar as informações hidrogeológicas disponíveis, tais como:

- tipo de aquífero
- espessura do aquífero
- nível piezométrico

O programa do teste consiste numa seqüência de rebaixamento a vazão crescente de duração constante. A partir do conhecimento da vazão máxima têm-se condições de definir as vazões de cada etapa. Devem ser verificados também os lançamentos da água bombeada, a proximidade de outros poços em exploração e as características construtivas do poço.

#### **5 – REALIZAÇÃO DE TESTE DE BOMBEAMENTO**

##### **5.1- Princípios básicos dos testes**

Para o bombeamento dos testes é importante observar algumas indicações básicas atendendo as normas vigentes:

- Antes de iniciar os testes do poço deve permanecer paralisado durante um período mínimo de 24 hs para se obter um nível estático representativo.
- Os testes de bombeamento devem obedecer a seguinte seqüência para alcançar os objetivos propostos e minimizar os custos: teste de bombeamento pelo método de rebaixamento durante 24 h e na vazão máxima, seguida do teste de recuperação num período mínimo de 4 h e após o teste de produção em 4 etapas sucessivas com, vazões progressivas em percentagens da vazão máxima de duração de 1 hora cada, com passagem instantânea de uma etapa para outra sem interrupção do bombeamento.
- O teste de bombeamento por rebaixamento de 24 hs permite definir as condições de bombeamento, uma vez que as condições de exploração serão limitadas ao máximo

20h/dia, a fim de manter a integridade quantitativa e qualitativa da água e minimizar os efeitos de interferência.

- Os bombeamentos devem ser realizados com bombas submersas ou de eixo prolongado, com capacidade de extrair uma vazão igual ou superior a estimada no teste preliminar.
- O poço deve ser equipado com uma tubulação auxiliar no diâmetro de  $\frac{1}{2}$  ou  $\frac{3}{4}$  que permita a introdução de sondas para se efetuar as medições de nível de água com precisão centimétrica.
- As medições de vazão devem ser efetuadas com dispositivos compatíveis com as taxas bombeadas, sem restrição de vazão para os sistemas contínuos como hidrômetros medidores elétricos, vertedouros, orifícios calibrados ou também utilizar os volumétricos quando inferior a 20 m<sup>3</sup>/h.
- A tubulação de descarga deve ser dotada de válvula de regulação adequada permitindo manobras rápidas para a mudança de vazão.
- O lançamento da água bombeada deve ser feito de maneira a evitar recarga para o poço, devendo a distância ser definida em função do tipo de aquífero.
- As medidas do nível de água durante os testes de rebaixamento, recuperação ou em etapas devem seguir a frequência de tempo abaixo:

<b>Período (min)</b>	<b>Intervalo de leitura (min)</b>
00 -10	1
10 -18	2
18 -30	3
30 -100	10
100 -180	20
180 -300	30
300 em diante	60

- Após a regulagem inicial, as medidas de vazão durante o teste de bombeamento deverão ser efetuadas a intervalos de uma hora.
- Durante os testes devem ser elaborados gráficos de acompanhamento, plotando-se os níveis de água ou rebaixamentos em função do tempo em papel monolog. O comportamento gráfico deve fornecer ao técnico e à fiscalização elementos para decidir sobre a prorrogação do tempo de bombeamento ou de recuperação e paralisação do teste quando atingido os objetivos.
- O teste em etapas deve ser interpretado no campo para se verificar as condições de desenvolvimento do poço.
- Após os testes de aquífero e de produção quando o mesmo faz parte de uma bateria em uma zona com interferência, recomenda-se a execução de um teste complementar com bombeamento simultâneo de todos os poços, durante 20 horas, com a finalidade calibração dos parâmetros determinados e de se conhecer as reais condições de exploração do aquífero no local.

## **5.2- Verificação e medições antes dos testes**

Antes de iniciar qualquer teste é importante ter informação sobre perfil construtivo do poço, profundidade, diâmetros, posição dos filtros, etc.

- perfil litológico, camadas, mudança, espessura, profundidade de entrada de água, fraturas, etc.
- equipamento de bombeamento, tipo de bomba, potência, profundidade de instalação, válvula de retenção, etc.
- dados dos testes preliminares, tempo de desenvolvimento, vazões bombeadas, rebaixamento, nível piezométricos, etc.
- tempo de para do poço.

No campo deverão ser verificadas as condições dos equipamentos e do poço, a saber:



- poço está equipado com tubo para medição do nível
- as condições de medição da vazão, volumétrico, hidrômetro, tubo de orifício calibrado ou diafragma, vertedouros, se foram aferidos e a instalação conforme as normas.
- condição de descarga da água bombeada.
- inventário dos piezômetros e poços em exploração.

Ainda do início do teste devem ser anotadas na planilha alguns dados dos níveis estáticos medidos, além de:

- data e hora da medição
- numeração do poço e piezômetros com croqui de localização
- medidas dos níveis piezométricos
- medidas dos tubos de boca ou ponto de referencia
- medidas das distâncias dos piezômetros.
- instalação dos medidores de níveis no poço e piezômetros
- preparação das planilhas de testes e cronômetros.

### **5.3 - Execução do teste de aquífero**

O teste compreende 2 etapas:

- rebaixamento durante o qual são medidos os níveis dinâmicos e as vazões
- recuperação com medição unicamente dos níveis de água.

As medições dos níveis de água tanto no rebaixamento como na recuperação devem obedecer as seqüências cronológica proposta no item anterior tanto no poço como nos piezômetros. Caso ocorra uma parada do bombeamento imprevista. deve-se proceder a uma recuperação.

Durante os primeiros 60 minutos é aconselhado verificar a presença de areia na saída da água com um recipiente transparente.

Amostra da água para análise físico-químicas devem ser coletadas antes da parada. Na ocasião da amostragem são importantes medidas complementares de temperatura, pH e condutividade.

Se o aquífero for confinado, aconselha-se também anotar as variações de pressão barométricas comuns na época da chuvas que podem provocar perturbações nos níveis de água.

#### **5.4 Execução do teste de poço**

Os procedimentos para teste de poço são idênticos aos mencionados para teste de aquífero, repetidos para cada etapa, sendo dispensada a recuperação, em intervalos de tempo constante de 1 a 2h e com 4 etapas.

Em todos os testes recomenda-se a representação gráfica durante a execução, o que permite uma avaliação preliminar e alterar os procedimentos em tempo hábil.

### **6. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

Os resultados apresentados devem fornecer todas as informações necessárias para que qualquer hidrogeólogo ou técnico do órgão gerenciador possa efetuar sua análise e consideração. Na apresentação dos resultados devem constar os elementos relativos a:

- Identificação e localização do poço
- Características técnicas de construção
- Descrição do teste de bombeamento
- Condições de exploração
- Planilhas com os dados dos testes de bombeamento e apresentação gráfica.

### **7. CONCLUSÕES**

Além dos objetivos da execução de testes de bombeamento, com finalidade de definir as condições de exploração dos poços, a obtenção dos parâmetros obtidos no teste de bombeamento tais como: perda de carga do aquífero, perda de carga construtiva, eficiência hidráulica, transmissividade, etc, representam o marco inicial que servirá como base para os trabalhos de monitoramento que possam avaliar a evolução da exploração, bem como da necessidade de intervenção nos poços através de trabalhos de manutenção.