

## I-034 - PLANO DE OTIMIZAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE RESERVAÇÃO

**Luis Felipe Macruz<sup>(1)</sup>**

Engenheiro de Produção pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Engenheiro da SABESP.

**Kamel Zahed Filho<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Doutor em Engenharia Hidráulica pela EPUSP. Engenheiro da SABESP. Professor na EPUSP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Nicolau Gagliardi, 313 - Pinheiros - São Paulo - SP - CEP: 05429-010 - Brasil - Tel: (11) 3388-8962 - e-mail: lmacruz@sabesp.com.br

### RESUMO

Os reservatórios de distribuição têm a finalidade de regularizar as vazões de consumo de um setor de abastecimento (região da cidade abastecida por um determinado reservatório), de forma que a vazão de adução seja constante ao longo do dia. Desta forma, as adutoras não precisam ter a capacidade de transportar as vazões máximas horárias de consumo, o que exigiria diâmetros maiores no seu dimensionamento. Do ponto de vista da operação em tempo real, esta redução de oscilações das vazões de adução também resulta em condições mais estáveis para sistemas complexos de adução.

O POAR é pautado em um diagnóstico inicial de reservação do SIM. Com ele, é possível conhecer dois pontos relevantes para a reservação: qual é o rendimento dos reservatórios existentes, ou seja quanto do volume total está sendo utilizado, qual é o déficit atual de reservação em cada setor de abastecimento, ou seja, qual o volume necessário em relação ao volume disponível.

As informações provenientes das análises direcionam as ações de otimização para os reservatórios com baixo rendimento, e possibilitam uma priorização baseada em critérios de ampliação de reservação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reservação, Otimização, melhorias, volume útil, volume total, diagnóstico, plano.

### INTRODUÇÃO

Os reservatórios de distribuição têm a finalidade de regularizar as vazões de consumo de um setor de abastecimento, de forma que a vazão de adução seja constante ao longo do dia. Desta forma, as adutoras não precisam ter a capacidade de transportar as vazões máximas horárias de consumo, o que exigiria diâmetros maiores no seu dimensionamento, além de garantir um regime de tratamento de água mais estável, com ganhos de qualidade e eficiência do tratamento. Do ponto de vista da operação em tempo real, esta redução de oscilações das vazões de adução também resulta em condições mais estáveis para sistemas complexos de adução, como é o exemplo do Sistema Integrado Metropolitano. A Figura 1 apresenta os processos de água, do manancial a rede que abastece o cliente final, e suas interfaces.

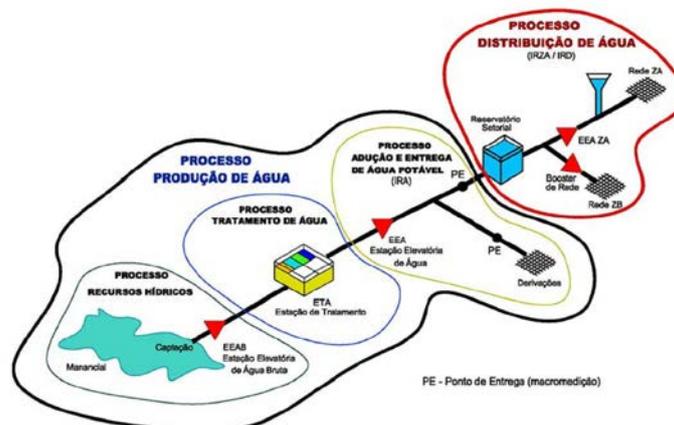
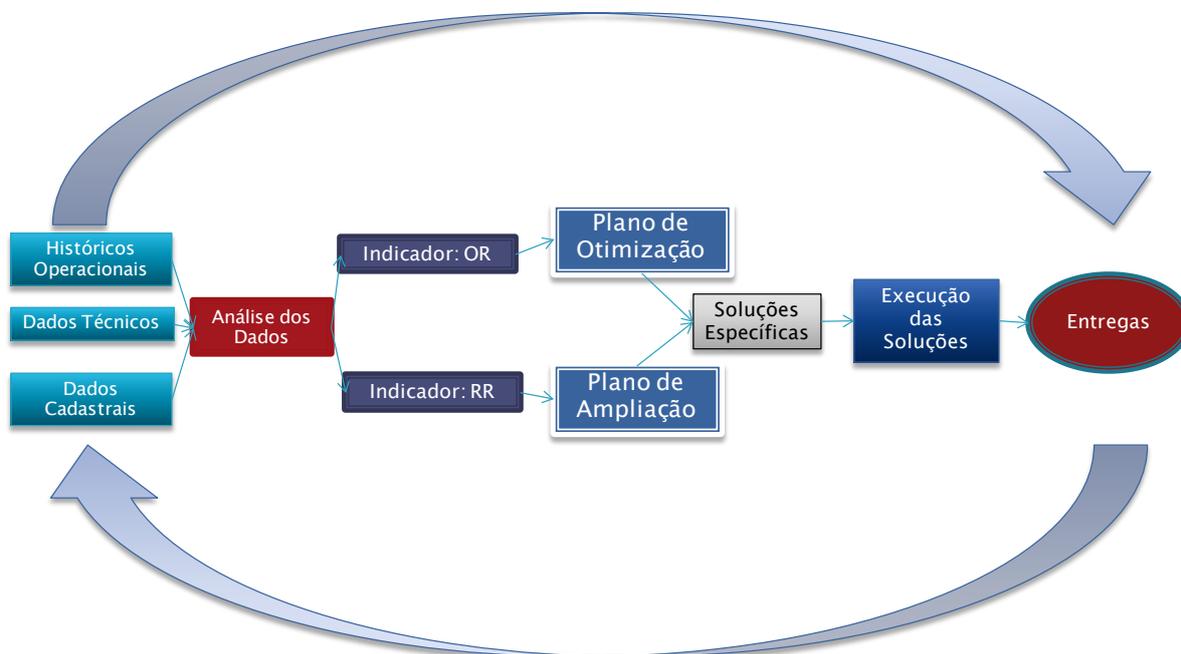


Figura 1 – Processos de água

O Modelo de Gestão representado na Figura 2, apresenta o ciclo contínuo de gestão de reservatórios, este será detalhado nos tópicos posteriores.

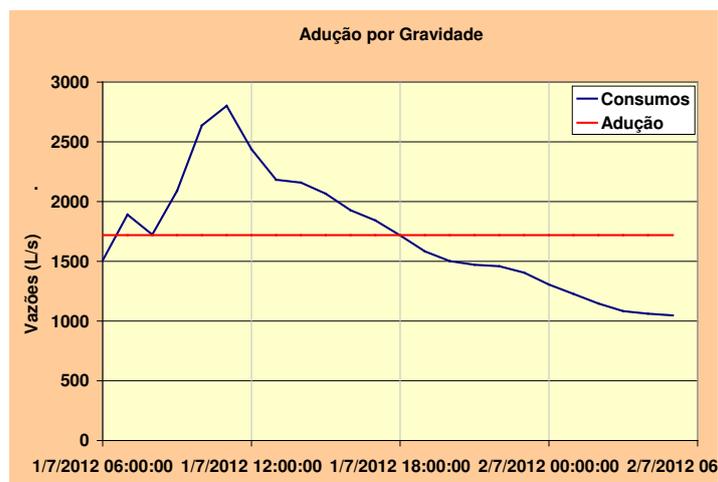


**Figura 2 – Ciclo de Gestão**

A seguir são apresentados conceitos, métodos e indicadores aplicados a reservação.

Classicamente, o reservatório de distribuição é dimensionado de forma que seu volume atenda a uma curva horária de consumos de um setor, para uma vazão de entrada fixa no reservatório, ao longo de um dia crítico de consumo. Esse dia crítico é definido como o dia de maior volume consumido ao longo de um ano de operação.

A Curva da Figura 3, exemplifica uma curva típica de consumo horário setorial



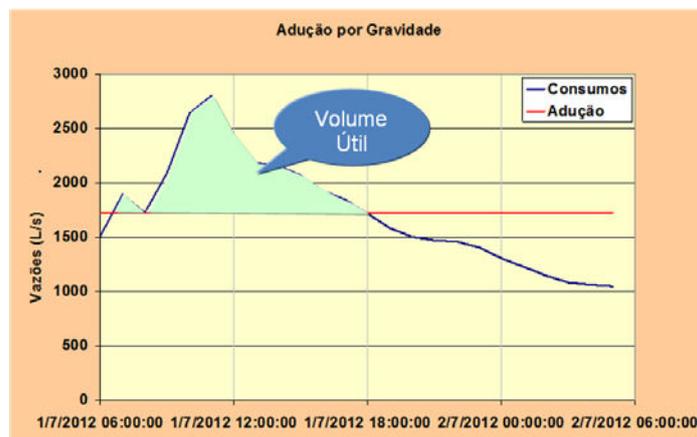
**Figura 3 – Curva de Consumo**

## OBJETIVOS

Este trabalho visa apresentar um modelo de gestão para sistemas de reservação de água tratada com foco em otimização das estruturas existentes e implantação de novos reservatórios.

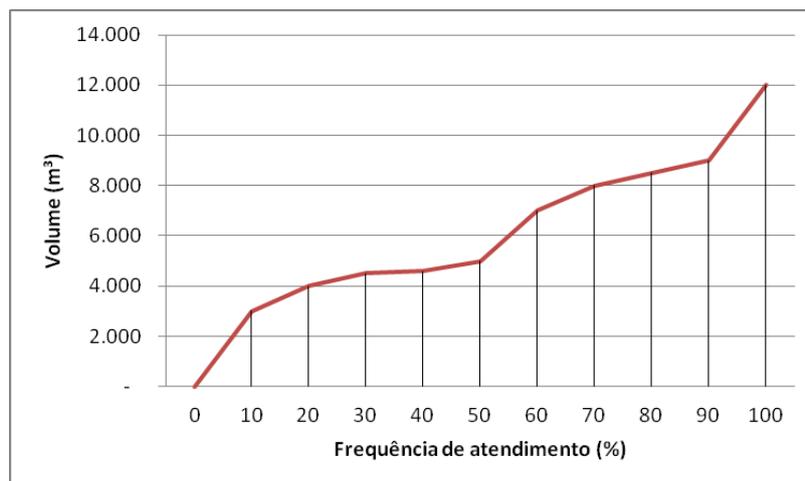
## METODOLOGIA

Baseados nas curvas de consumo determina-se volume útil de reservação então necessário para atender cada setor de abastecimento adequadamente. Faz-se o balanço entre as vazões de entrada e saída de um reservatório ao longo de cada dia de operação e calcula o volume útil necessário para garantir a vazão de consumo variável para aquele dia, considerando uma vazão de entrada constante, para cada setor. O período de avaliação utilizado foi 1 ano de dados, portanto calculou-se o volume necessário diário do período, ou seja, 365 curvas uma para cada dia em cada setor. A Figura 4 demonstra graficamente a representação do volume útil calculado.



**Figura 4 – Volume útil**

Com base nos 365 volumes necessários para atender cada dia de operação, faz-se uma curva de frequência acumulada, onde a frequência seria o percentual de tempo em que determinado volume seria capaz de atender plenamente o setor. Por exemplo: um volume de reservação de 8000 m<sup>3</sup> seria suficiente para abastecer o setor em 80% do tempo, ou seja, 80% dos dias do ano analisado não haveria problemas de reservação. A Figura 5 apresenta o gráfico do volume por frequência.



**Figura 5 – Volume por frequência**

Devido a problemas pontuais que podem interferir nos consumos como vazamentos, arrebentamentos em que acarretaria em um grande consumo no dia, dias com variações de consumos excepcionais e entre outros

fatores, adota-se que a frequência de atendimento deve ser de 95% , ou seja, o reservatório deve atender 95% do tempo baseado nas suas curvas de consumo do ano estudado. Conforme a Figura 4, o volume para este exemplo deve ser em torno de 10.500 m<sup>3</sup>.

Com base nos volumes úteis necessários para cada setor de abastecimento, atendendo os 95%, é possível saber a relação desses com os volumes úteis disponíveis para cada setor, ou seja, o volume necessário pelo volume disponível. A essa relação deu-se o nome de Ocupação de Reservação, dada pela equação a seguir:

$$OR = \frac{\text{Volume Útil necessário}}{\text{Volume Útil disponível}}$$

OR menor que 100% - Reservação suficiente;  
OR maior que 100% - Reservação insuficiente.

### LIMITES OPERACIONAIS DOS RESERVATÓRIOS

Os limites operacionais dos reservatórios de distribuição são indicados na Figura 6.

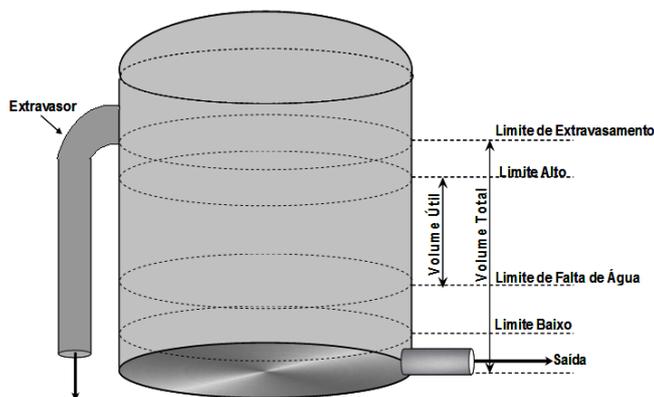


Figura 6 – Limites Operacionais (fonte: POAR, 2017)

Definições:

- Limite de extravasamento:** Nível de água referenciado a um ponto do fundo do reservatório (nível de referência), a partir do qual se inicia a extravasão do reservatório.
- Limite Alto:** ou Nível máximo operacional. É o nível de água máximo que pode ser armazenado no reservatório em condições normais de operação. Quando o nível de água atinge esse limite, é emitido um alarme ao controlador do Centro de Controle da Operação (CCO) para que seja fechada a válvula de controle da entrada do reservatório ou que sejam desligados os conjuntos moto-bombas que recalcam para o reservatório. Caso a vazão de entrada não seja anulada, o nível de água continua subindo e se atinge um limite intermediário ao limite de extravasamento, denominado Limite de Boia.
- Limite de Falta de Água:** Nível de água, em relação a um nível de referência, abaixo do qual começa a haver alguma deficiência de abastecimento em algum ponto da rede.
- Limite Baixo:** É o nível de água mínimo que pode ser armazenado no reservatório em condições normais de operação. Quando o nível de água atinge esse limite, é emitido um alarme ao controlador do reservatório. Caso o nível de água continue diminuindo, poderá haver implicações hidráulicas negativas no sistema, como entrada de ar na tubulação de saída ou cavitação de bombas.

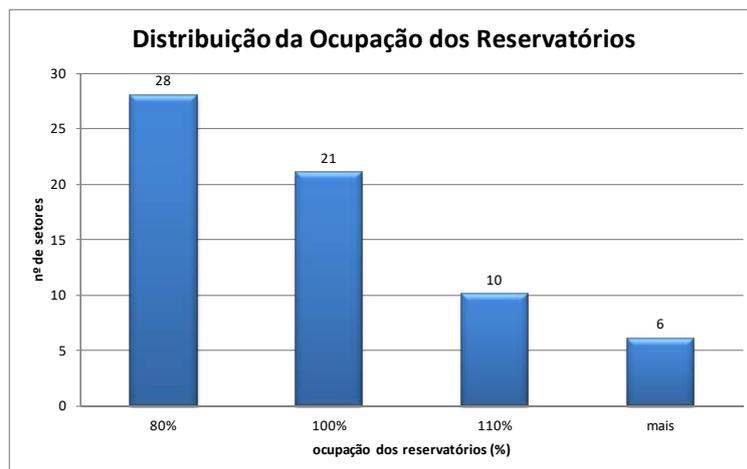
Com base nos limites operacionais, são definidos:

- **Volume Total:** ou volume nominal é a capacidade de armazenamento do reservatório, considerando o nível de água coincidente com o limite de extravasamento.
- **Volume Útil:** é a capacidade de armazenamento do reservatório, entre o Limite Alto e o maior limite mínimo (falta de água ou limite baixo). Este espaço serve para armazenar um volume de água excedente, quando a vazão de adução é superior à vazão de consumo do reservatório ou para ser deplecionado quando ocorre o inverso.

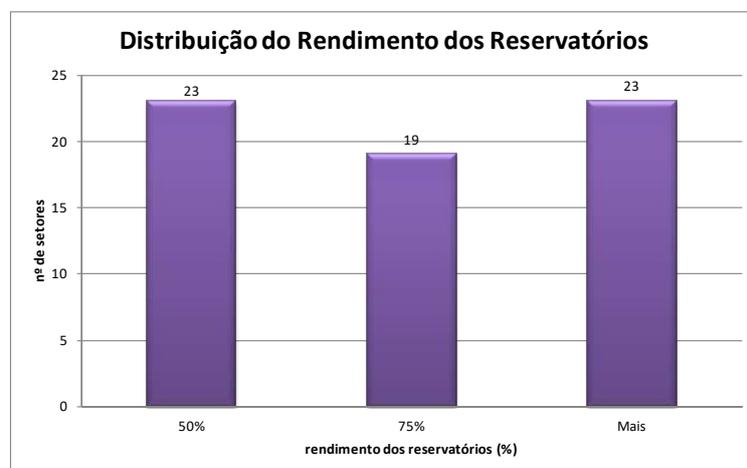
Com base nos volumes totais e volumes úteis dos reservatórios de cada setor de abastecimento, obteve-se a relação do volume útil pelo volume total. A essa relação deu-se o nome de Rendimento de Reservação, dada pela equação a seguir:

$$RR = \frac{\text{Volume Útil}}{\text{Volume Total}}$$

Com os dois indicadores OR e RR é possível diagnosticar os setores de abastecimento que possuem deficiência de reservação e outros que possuem baixo rendimento. Para análise dos estudados foi adotados o método de histograma de forma a identificar a distribuição, Figura 7 e 8, e o uso de mapas temáticos, Figura 9 e 10, para uma visão espacial. Os dados e mapas abaixo são apenas exemplificativos.



**Figura 7 – Histograma da ocupação dos reservatórios**



**Figura 8 – Histograma da ocupação dos reservatórios**

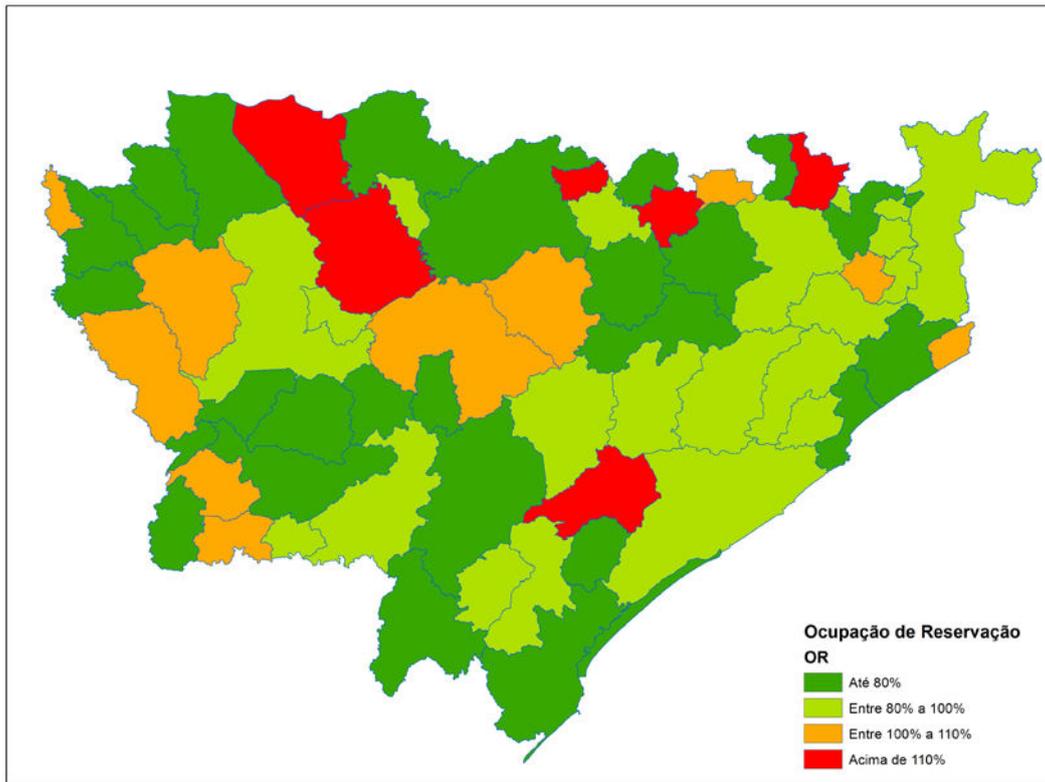


Figura 9 – Mapa de ocupação de reservação de setores de abastecimento

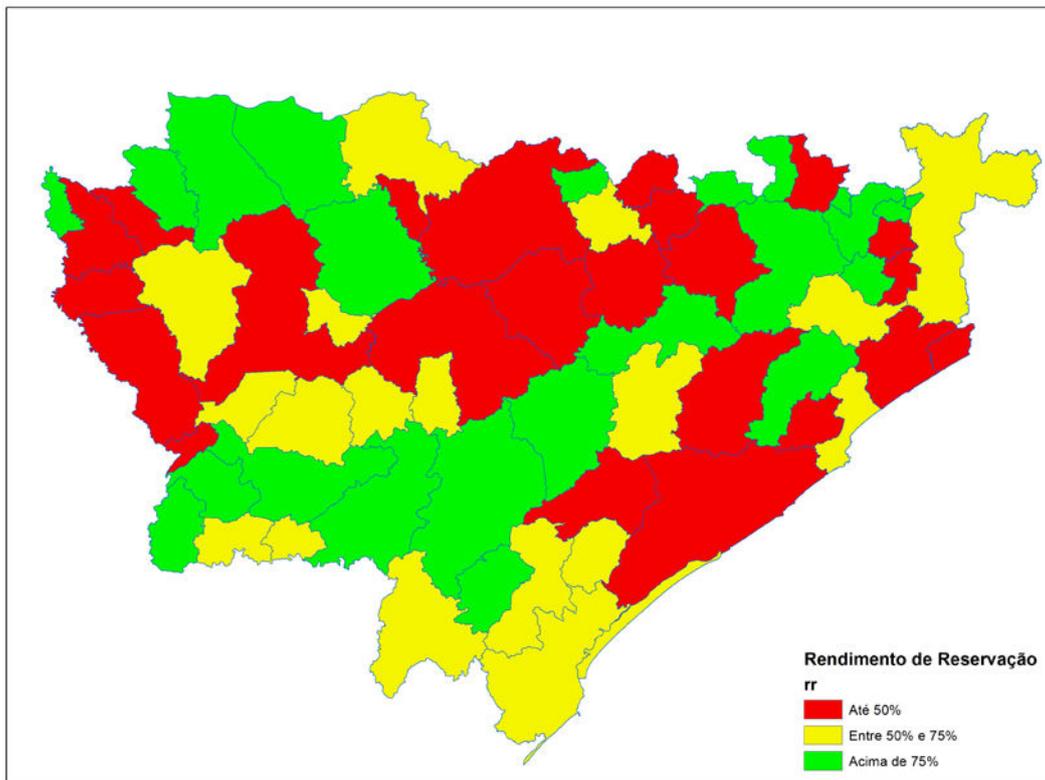


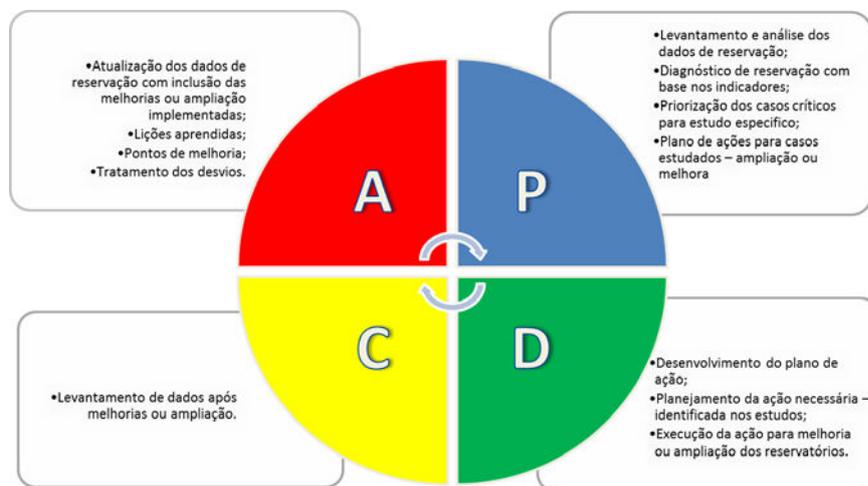
Figura 10 – Mapa de rendimento de reservação de setores de abastecimento

Baseado nas análises e seus resultados cria-se um plano de forma a direcionar as otimizações com foco em:

- Redução do limite baixo;
- Redução do limite de falta d água;
- Aumento do limite alto.

Cada uma dessas ações exige um estudo específico para identificar suas causas e ações necessárias para suas alterações. Como consequência das melhorias aumenta-se o volume útil e dessa forma se reduz a ocupação. Porém casos em que a ocupação esteja acima de 100% e não mais for possível melhorar o rendimento faz-se necessário a ampliação dos volumes de reservação com a construção de novos reservatórios.

O ciclo PDCA demonstra o funcionamento da prática do POAR, Figura 11:



**Figura 11 – Ciclo PDCA do POAR**

## RESULTADOS ESPERADOS

Os principais benefícios esperados são:

- Manutenção da universalização do abastecimento público de água;
- Identificação de potenciais de otimizações dos reservatórios existentes;
- Priorização dos recursos financeiros em investimentos para ampliação de reservação.
- Padronização de conceitos de procedimentos de análises de reservação

## CONCLUSÕES

A análise da reservação se demonstra essencial para uma boa gestão dos sistemas de reservação. Com a metodologia busca-se melhorar a base técnica e proporcionar uma visão ampla da reservação servindo assim de apoio a tomada de decisão, maximizando os ganhos em muitos aspectos entre eles:

- Imagem da organização
- Garantia de atendimento ao cliente em relação à quantidade
- Melhor planejamento orçamentário dos investimentos
- Aumento de confiabilidade

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ZAHED FILHO, K. ; P. F. R. ; M, H. C.. Avaliação de eficiência e economicidade da atual reservação do sistema adutor metropolitano de São Paulo. In: XX Congresso Brasileiro da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999, Rio de Janeiro. Os desafios para o saneamento ambiental no terceiro milênio. Rio de Janeiro : ABES, 1999. v. 2. p. 1004-1013.
2. Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo, São Paulo, 2006.
3. ABNT NBR 12217:1994 - Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento, 1994.