

PLANO GERAL DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA A LISBOA E DO ABASTECIMENTO AOS CONCELHOS LÍMITROFES

Eduardo RIBEIRO DE SOUSA⁽¹⁾ ; Ulisses LAGES DA SILVA⁽²⁾ ;
Amílcar AMBRÓSIO⁽³⁾ ; António DIAS AMARAL⁽⁴⁾ ; Joaquim NUNES SERENO⁽⁵⁾

RESUMO

Na presente comunicação, apresenta-se uma síntese e as principais conclusões da elaboração do Plano Geral da Rede de Distribuição de Água a Lisboa e do Abastecimento aos Concelhos Limítrofes, mandado executar pela EPAL S.A..

A comunicação inicia-se por uma apresentação da metodologia de abordagem do Plano Geral. Segue-se a análise dos consumos, quer para a situação actual, quer para situação futura. Dada a grande complexidade da interdependência entre o sistema de Produção/Adução da EPAL e o sistema de distribuição da água à cidade de Lisboa, apresenta-se, em seguida, a problemática de reforço das entradas de caudal neste sistema de distribuição.

Segue-se a análise da capacidade de regularização, da distribuição geográfica dos reservatórios e da definição de uma estratégia de manutenção da qualidade da água armazenada. Finalmente, apresenta-se a síntese das soluções propostas, no âmbito do Plano Geral, para a estratégia de remodelação/ampliação do sistema de distribuição de água a Lisboa, assim como uma análise integrada de execução daquelas soluções.

Palavras-chave: Abastecimento de água; sistemas de distribuição; distribuição de água a Lisboa.

(1) Doutor em Eng^a Civil, Prof. Associado do IST, Lisboa, Portugal. Director Técnico da AQUASIS, Lda., Lisboa, Portugal.

(2) Director Técnico da AQUASIS, Lda., Lisboa, Portugal.

(3) Eng^o Civil, Sanitarista (Delft), Prof. Convidado da FCT da Universidade Nova de Lisboa, Responsável Técnico da AMBIO, Lda., Lisboa, Portugal.

(4) Eng^o Civil, Director da Direcção de Controlo de Exploração da EPAL, S.A., Lisboa, Portugal.

(5) Eng^o Civil, Chefe do Sector de Despacho da EPAL, S.A., Lisboa, Portugal.

1 - METODOLOGIA DE ABORDAGEM

A metodologia utilizada para a elaboração do Plano Geral da Rede de Distribuição de Água a Lisboa e do Abastecimento aos Concelhos Limítrofes (adiante designado por Plano Geral) consistiu no desenvolvimento das seguintes actividades:

- Análise dos consumos;
- Entradas de caudal no sistema de distribuição;
- Capacidade de regularização e distribuição geográfica das reservas de água;
- Preocupações gerais e problemas localizados na rede de distribuição;
- Estimativas de investimento em capital fixo e prazos de execução;
- Planeamento das execuções e dos investimentos.

No âmbito de algumas das actividades enumeradas, foi analisado um conjunto de cenários, designadamente:

➤ **Análise dos consumos:**

Cenário 1: Análise da situação actual dos consumo; no estudo da situação actual dos consumos, foram usados os elementos de base relativos aos anos de 1988 (primeiro ano de entrada em serviço do subsistema de Castelo do Bode), 1990, 1993 e 1995.

Cenário 2: Análise da evolução futura dos consumos, a qual incidiu sobre os anos de 2000, 2010 e 2020.

➤ **Entradas de caudal no sistema de distribuição:**

Cenário 1: Alteração do regime de funcionamento da E.E. de Vila Franca de Xira (VFX), colocando um maior número de grupos em serviço e bombeando directamente para a conduta VFX - Telheiras.

Cenário 2: Execução do reservatório de À-dos-Bispos e da conduta VFX - À-dos-Bispos, integrados no projecto do Adutor de Circunvalação, e da ligação do mesmo reservatório à conduta VFX - Telheiras, colocando-se um maior número de grupos em serviço.

Cenário 3: Reforço do caudal do Aqueduto do Alviela, por alimentação a partir de VFX e por reabilitação do mesmo aqueduto (estanqueidade com película plástica) ou por embainhamento de uma ou duas condutas de secção circular, em material plástico.

Cenário 4: Clarificação do quadro obrigações/direitos EPAL/CML quanto aos gastos de água camarários e da disciplina de uso dos dispositivos de utilização (bocas de rega, bocas de incêndio, etc.), por parte dos Serviços e pessoal da CML.

Cenário 5: Satisfação das necessidades de água associadas a lavagens e regas urbanas por reutilização dos efluentes depurados das estações de tratamento existentes de águas residuais.

➤ **Preocupações gerais e problemas localizados na rede de distribuição:**

Cenário 1: Criação de uma única Zona Superior de distribuição no sistema da EPAL, por ligação hidráulica entre Campo de Ourique - Monsanto e Charneca, e execução de um novo reservatório em substituição do de Monsanto, ficando este adstrito à Zona Limite.

Cenário 2: Reforço da alimentação da parte ocidental da Zona Baixa pela construção de uma nova(s) conduta(s) e/ou execução de um novo reservatório.

Cenário 3: Criação de um novo reservatório na Avenida de Ceuta, com interligação ao dos Barbadinhos, de alimentação da parte ocidental da Zona Baixa e da Amadora e do Reservatório de Alfragide.

Cenário 4: Optimização dos sentidos de escoamento e dos caudais escoados nas grandes circulações do sistema de distribuição, em particular nas condutas de alimentação dos reservatórios e nas interligações entre zonas de distribuição.

➤ **Capacidade de regularização e distribuição geográfica das reservas de água:**

Cenário 1: Optimização do número e da distribuição geográfica de locais de reservatórios e ajustamentos face aos reservatórios existentes a manter.

Cenário 2: Optimização subsequente das respectivas capacidades, levando particularmente em conta as situações de emergência (roturas e combate a incêndios).

Cenário 3: Definição de uma estratégia associada aos cenários anteriores de manutenção da qualidade da água armazenada e, posteriormente, distribuída.

2 - ANÁLISE DOS CONSUMOS. SITUAÇÃO ACTUAL E EVOLUÇÃO FUTURA

No desenvolvimento do Plano Geral, a análise dos consumos, sua situação actual e evolução futura, constituiu uma actividade de importância vital pela sua influência determinante na concepção e no dimensionamento das soluções preconizadas.

Na análise da situação futura, procedeu-se à avaliação das prováveis necessidades de água a fornecer pela **EPAL**. A metodologia usada para o Concelho de Lisboa teve por base a análise dos seguintes aspectos:

- evolução da população a abastecer;
- distribuição da população;
- evolução das capitações de consumos domésticos;
- actividades sociais geradoras de consumo;
- evolução dos consumos específicos das actividades sociais e económicas;
- evolução das perdas físicas e dos volumes de água não contados;
- factores de ponta relativos aos consumos médios.

A metodologia usada para a avaliação das necessidades de água nos Concelhos limítrofes foi distinta da descrita para o Concelho de Lisboa, dado que, para estes Concelhos, não foi possível obter os indicadores sócio-económicos necessários.

2.1 - Situação actual

Da análise da situação actual dos consumos, são de destacar os resultados obtidos para a estimativa das perdas e volumes de água não contados que se verificam no Concelho de Lisboa (Figura 1). Este volumes não facturados representam, em média, cerca de 23 % da água utilizada na rede de distribuição (incluindo a que se destina à alimentação dos Concelhos Limítrofes).

A **EPAL**, ciente da importância de reduzir as perdas que se verificam no seu sistema de distribuição, desenvolveu um programa de obras de reabilitação, sobretudo ao nível dos reservatórios. De acordo com os últimos dados da **EPAL**, a percentagem de perdas e volumes não contados cifrou-se em 19,5%, relativamente ao volume de água entrada em Lisboa.

| ANOS | VOLUMES DE ÁGUA EM 10 ⁶ m ³ | | | | |
|------|---|--------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| | UTILIZADO | | FACTURADO | PERDAS E NÃO CONTADOS | |
| | TOTAL | LISBOA | LISBOA | (10 ⁶ m ³) | UTILIZADO |
| 1988 | 172,40 | 97,60 | 58,88 | 38,72 | 22,5% |
| 1990 | 193,20 | 108,70 | 60,72 | 47,98 | 24,8% |
| 1993 | 190,10 | 101,30 | 58,76 | 42,54 | 22,4% |
| 1995 | 201,70 | 104,20 | 60,09 | 44,11 | 21,9% |

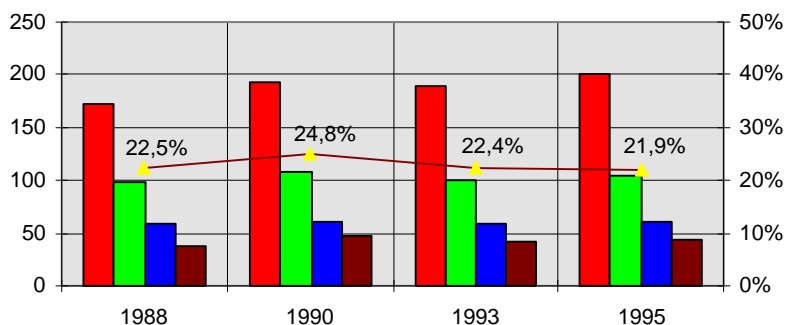


Figura 1 - Evolução das perdas e volumes não contados

2.2 - Evolução futura

De acordo com a metodologia utilizada, a estimativa dos consumos totais e das necessidades de água, para o Concelho de Lisboa, é a que se apresenta na Figura 2.

| ANOS | POPULAÇÃO RESIDENTE (hab.) | CAPITAÇÃO DOMÉSTICA (l/hab.dia) | CONSUMOS DOMÉSTICOS | CONSUMOS NÃO DOMÉSTICOS | CONSUMOS TOTAIS | PERDAS E VOLUMES NÃO CONTADOS | NECESSIDADES DE ÁGUA (m ³ /dia) |
|------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|
| | | | (m ³ /dia) | (m ³ /dia) | (m ³ /dia) | (m ³ /dia) | |
| 1995 | 684850 | 105 | 71909 | 93050 | 164959 | 119453 | 284413 |
| 2000 | 703833 | 110 | 77422 | 93050 | 170472 | 97988 | 268459 |
| 2010 | 732220 | 125 | 91528 | 93050 | 184578 | 88871 | 273448 |
| 2020 | 756552 | 140 | 105917 | 93050 | 198967 | 85272 | 284239 |

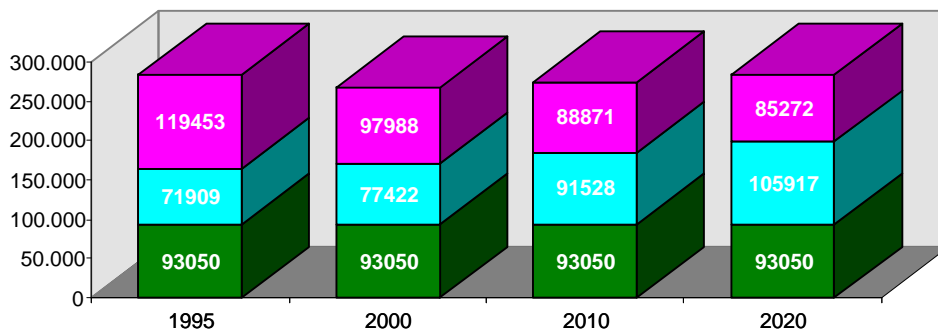


Figura 2 - Evolução das necessidades de água no Concelho de Lisboa

3 - ENTRADAS DE CAUDAL NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

3.1 - Execução antecipada dos troços de jusante do Adutor de Circunvalação

De entre os cenários analisados com vista a um aumento das entradas de caudal no sistema de distribuição de Lisboa, merece maior atenção o que se refere à execução antecipada dos troços de jusante do Adutor de Circunvalação.

Para a análise dos resultados de uma execução antecipada dos troços de jusante do Adutor de Circunvalação, foi utilizado o modelo matemático da rede de distribuição de água à cidade de Lisboa, existente na **EPAL**. Com vista à obtenção de resultados mais fiáveis, procedeu-se inicialmente à aferição do modelo matemático, tendo-se posteriormente ensaiado as soluções preconizadas. Os critérios adoptados para a aferição do modelo matemático foram os seguintes:

- o modelo matemático deve garantir respostas adequadas para diferentes situações de consumo e regimes de exploração;
- as variáveis de aferição a considerar foram a rugosidade das tubagens e o grau de esquematização do sistema;
- as variáveis de aferição mantêm-se constantes para as diferentes situações de consumo e regimes de exploração analisados.

Após a aferição do modelo matemático para o sistema de distribuição de água da Zona Alta da cidade de Lisboa, foi ensaiado um conjunto de situações, tendo em vista analisar o funcionamento hidráulico do sistema, após a colocação em serviço de alguns troços do Adutor de Circunvalação. As hipóteses analisadas foram as seguintes (ver Figura 3):

- **Hipótese A** - Entrada em serviço do Troço 1 (ligação entre a Calçada de Carriche e a conduta Camarate - Sto. António dos Cavaleiros).
- **Hipótese B** - Entrada em serviço dos Troços 1 e 2 (ligação entre a Calçada de Carriche e o Reservatório da Amadora).
- **Hipótese C** - Válvula do Calhariz de Benfica aberta; reservatórios da Amadora e de Alfragide fechados.
- **Hipótese D** - Paragem da elevação Campo de Ourique - Amadora; válvula do Restelo fechada.
- **Hipótese E** - Paragem da elevação Telheiras - Amadora; válvula do Largo do Poço aberta.
- **Hipótese F** - Entrada em serviço dos Troços 1, 2 e 3 (ligação entre o Reservatório da Amadora e a conduta da Costa do Sol próximo do Reservatório de Porto Salvo).
- **Hipótese G** - Paragem da elevação Campo de Ourique - Amadora; válvula do Restelo fechada.
- **Hipótese H** - Paragem da elevação Telheiras - Amadora; válvula do Largo do Poço aberta.

As principais conclusões a retirar dos resultados obtidos são as seguintes:

- com a entrada em serviço do Troço 1 (Hipótese A), verificar-se-á um acréscimo de caudal aduzido ao sistema de distribuição da Zona Alta, em qualquer das situações de consumo estudadas, sem que isso implique um agravamento das condições de funcionamento na E.E. de Vila Franca de Xira e na dos Olivais.

- com a entrada em serviço dos Troços 1 e 2 (Hipótese B) não serão muito significativos os acréscimos de caudal aduzidos ao sistema de Zona Alta, relativamente à situação anterior; no entanto, é substancialmente aumentado o caudal afluente ao Reservatório da Amadora, situação que terá reflexos positivos no abastecimento da Costa do Estoril. Com efeito, será possível ter por mais tempo a conduta Campo de Ourique - Amadora redireccionada para a Conduta Telheiras - Alfragide e, desta forma, aumentar o caudal aduzido para os Concelhos de Oeiras e Cascais.
- a entrada em serviço dos Troços 1 e 2 poderá, ainda, determinar melhorias substanciais nos custos de exploração, através da redução dos períodos de bombagem para a Amadora, em Telheiras e Campo de Ourique.
- com a entrada em serviço do Troço 3 (Hipótese F) verificar-se-á, globalmente, um acréscimo de caudal aduzido à conduta da Costa do Sol, sobretudo por intermédio do referido Troço 3, diminuindo-se substancialmente os caudais aduzidos à conduta da Costa do Sol, por intermédio da rede de distribuição; este aspecto favorece, ainda mais, a redução dos períodos de elevação de caudal em Campo de Ourique para a Amadora e em Telheiras para a Amadora.

De acordo com a análise efectuada, parece ser inquestionável que a execução do Adutor de Circunvalação deverá ser faseada do seguinte modo:

- **1ª Fase** - construção do troço de jusante do Adutor de Circunvalação, constituído pelos Troços 1, 2 e 3, iniciando a construção por montante e colocando em serviço, logo que possível, cada um dos Troços 1, 2 e 3;
- **2ª Fase** - construção dos Reservatórios de Porto Salvo, À-dos-Bispos e do troço de montante do Adutor de Circunvalação.

Decorrente deste faseamento, foi estudado o comportamento hidráulico do sistema de distribuição da Zona Alta quando estiver concluída cada uma das fases da construção do Adutor de Circunvalação. Admitindo que a 1ª Fase estará em serviço no ano 2000 e que a segunda deverá responder às necessidades de água no ano 2020, foram simuladas as condições de funcionamento hidráulico do sistema de distribuição de água da Zona Alta, para os anos de 2000 e 2020. As principais conclusões a retirar dos resultados obtidos, para a situação do ano 2000, foram as seguintes:

- com a construção do troço final do Adutor de Circunvalação, o sistema de Zona Alta poderá garantir, em simultâneo, os consumos do dia de maior consumo do Concelho de Lisboa (factor de ponta 1,30) e um consumo nos Concelhos limítrofes semelhante ao do mês de maior consumo (factor de ponta 1,30).
- a principal limitação do sistema deve-se à cota de implantação do Troço 3 do Adutor de Circunvalação, próximo do Reservatório da Amadora. De facto, se não for regulada a válvula prevista a jusante da derivação para o Reservatório de Vila Fria, o modelo matemático apresenta pressões negativas nessa zona, o que significa que o escoamento deixa de se verificar em pressão, não sendo por isso possível aduzir os caudais indicados.

As principais conclusões a retirar dos resultados obtidos, para a situação do ano 2020, foram as seguintes:

ção, a sua abertura total pode originar subpressões no Adutor de Circunvalação. No entanto, podem ser instalados mecanismos de protecção que garantam que a abertura da válvula só se efectuará desde que sejam verificadas as pressões mínimas no Adutor de Circunvalação. A regulação da referida válvula será ditada pelas condições de escoamento no Adutor de Circunvalação, pelas necessidades de consumo e cota piezométrica dos Concelhos de Oeiras e Amadora, e pelos níveis de água que se pretendam garantir no Reservatório de Vila Fria.

3.2 - Satisfação das necessidades de água associadas a lavagens e regas urbanas por reutilização dos efluentes depurados

Da análise efectuada sobre a possibilidade de se satisfazerem as necessidades de água associadas a lavagens e regas urbanas por reutilização dos efluentes depurados, chegaram-se às seguintes principais conclusões:

- 56% dos consumos de água registados pela CML correspondem a utilizações cuja exigência de qualidade não é de consumo humano;
- o valor anterior aumenta de um factor multiplicativo de 2,5 se a CML pretender ampliar as zonas de atendimento e melhorar a qualidade de serviços prestados nas actuais zonas de atendimento;
- quer o primeiro, quer o segundo valores podem ser disponibilizados, com características desde já adequadas ou a adequar a prazo, a partir de efluentes tratados nas ETAR de Lisboa.

Na hipótese, razoável, de se vir a detalhar esta solução, será necessário:

- analisar a qualidade dos efluentes tratados quanto aos parâmetros que caracterizam a água para irrigação dos espaços verdes;
- avaliar da necessidade de tratamento adicional;
- analisar a necessidade de reserva de água, já que a rega só se faz em parte do ano;
- definir a solução óptima para concretizar a distribuição da água pelos locais adequados, ou por rede própria ou por camiões tanques ou utilizando uma solução mista conforme as zonas.

4 - RESERVAS DE ÁGUA

4.1 - Capacidade de regularização e distribuição geográfica dos reservatórios

A capacidade de reserva necessária foi calculada atendendo a que a capacidade de um reservatório deverá ser fixada para se fazer face às seguintes ocorrências:

- ajustamentos dos caudais de adução aos pedidos na rede;
- falhas de adução por interrupções subsequentes a avarias no sistema de abastecimento de água ou cortes na alimentação em energia eléctrica;
- aumentos súbitos de pedidos na rede por razões de emergência, em particular combates a incêndios.

Com base nestes critérios, concluiu-se que a capacidade de reserva deveria igualar o consumo médio diário anual, conclusão, aliás, coincidente com o preconizado no nº 10 do artº

70º do "Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais".

4.1.1 - Capacidade de reserva global

A capacidade total dos reservatórios que se encontram ligados às zonas de distribuição do Concelho de Lisboa é de 433 875 m³. Na Figura 4, apresentam-se as relações entre a capacidade total dos reservatórios e os consumos típicos, previstos para os anos de 1995 e 2010. Verifica-se que a capacidade total de reserva existente afecta às zonas de distribuição do Concelho de Lisboa excede, tanto em 1995 como em 2020, as necessidades de água (água utilizada) médias diárias anuais estimadas nesses anos para o mesmo Concelho.

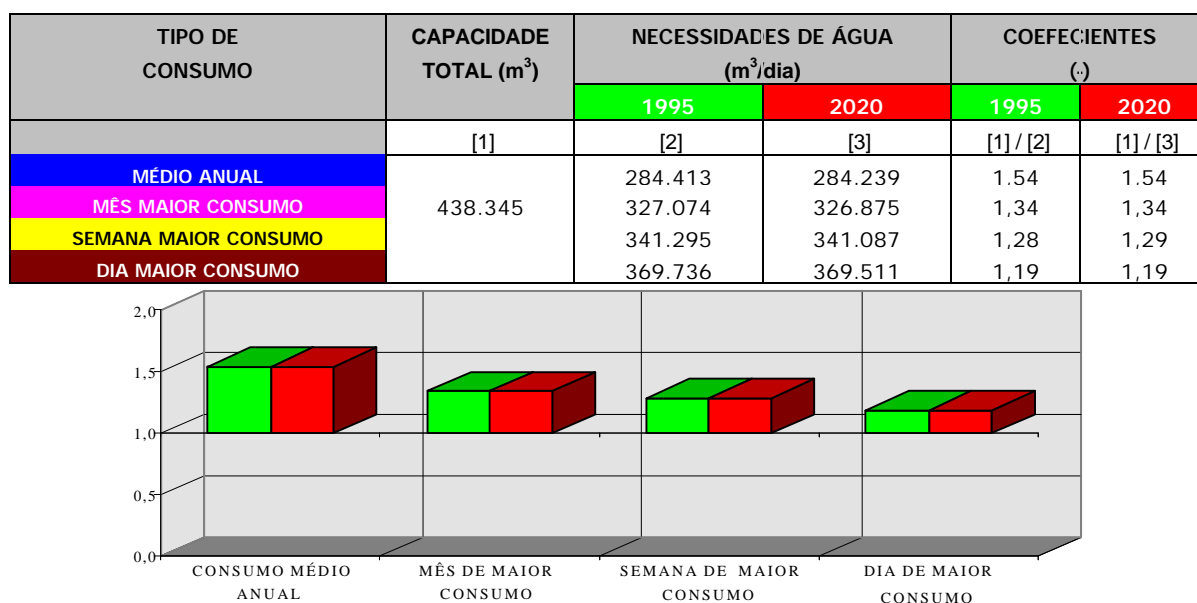


Figura 4 - Relações entre a capacidade total de reserva e os consumos típicos em 1995 e 2010

4.1.2 - Capacidade de reserva por zona de distribuição

No sistema de distribuição da **EPAL**, os reservatórios servem, na maior parte dos casos, mais que uma zona de distribuição. Para se analisar a taxa de regularização em cada zona de distribuição, admitiu-se que a capacidade de cada reservatório se reparte, proporcionalmente, em cada ano, aos pesos relativos das necessidades de água (água utilizada), pelas zonas de distribuição por eles servidas. Com base neste critério, foi calculada a capacidade de reserva, por zona de distribuição, em função do consumo do Concelho de Lisboa (Figura 5). Do apresentado na Figura 5, poder-se-á concluir o seguinte:

- na Zona Baixa: aumento imediato de mais 10 000 m³;
- na Zona Média: aumento imediato de mais 15 000 m³;
- na Zona Alta e Zona Superior: a desejável entrada em serviço do Adutor de Circunvalação dispensa qualquer aumento de capacidade.

Relativamente à distribuição geográfica dos reservatórios, considerando as características e localização dos reservatórios existentes, o seu modo de alimentação e as soluções para a rede de distribuição, foi proposta a construção de dois reservatórios: um de Zona Baixa, cota de soleira 65, na proximidade do Arco do Carvalhão (designado daqui em diante por Reser-

| RELAÇÃO DO CONSUMO DO CONCELHO DE LISBOA ($10^3\text{m}^3/\text{dia}$) COM A CAPACIDADE DE RESERVA (10^3m^3) | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|-------|-------|------------|-------|-------|-----------|--------|-------|---------------|-------|-------|
| ANOS | ZONA BAIXA | | | ZONA MÉDIA | | | ZONA ALTA | | | ZONA SUPERIOR | | |
| | R | C | F=R/C | R | C | F=R/C | R | C | F=R/C | R | C | F=R/C |
| 1995 | 45,98 | 50,28 | 0,91 | 29,63 | 34,96 | 0,85 | 286,72 | 166,89 | 1,72 | 76,01 | 32,28 | 2,35 |
| 2020 | 43,99 | 42,60 | 1,03 | 30,94 | 36,73 | 0,84 | 286,91 | 171,30 | 1,67 | 76,51 | 33,61 | 2,28 |

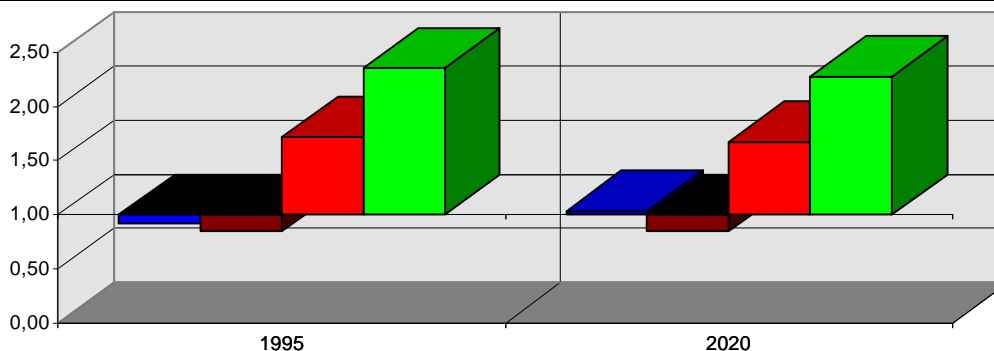


Figura 5 - Capacidade de reserva, por zona, em função do consumo do Concelho de Lisboa (Reservatório da Av. de Ceuta), com $10\,000\text{ m}^3$, e um outro, de Zona Média, cota de soleira 95, na Portela (designado daqui em diante por Reservatório da Portela), com $15\,000\text{ m}^3$.

Para além dos reservatórios referidos anteriormente, há que executar um terceiro, por razões não associadas a questões de capacidade, mas a excessos de pressão: trata-se do novo Reservatório de Monsanto (Monsanto_I) para a Zona Superior, ficando o actualmente existente (Monsanto) afecto à Zona Limite.

4.2 - Definição de uma estratégia de manutenção da qualidade de água armazenada

A par com a necessidade de garantir, numa forma optimizada, as reservas adequadas de água no sistema para uma distribuição compatível com os consumos, também é fundamental que seja garantida a qualidade da mesma água. Esta preocupação prende-se com a possibilidade de deterioração da qualidade da água nos reservatórios, se determinadas medidas não fizerem parte das normas de exploração e, ainda, se não forem verificados determinados critérios de concepção.

No âmbito deste Plano Geral, foram estabelecidos os critérios de concepção e normas de exploração para reservatórios, e foi efectuada a verificação dos critérios de concepção e da qualidade da água nos reservatórios em funcionamento de que se dispunham elementos. Para o estabelecimento dos critérios de concepção, foram analisados os seguintes aspectos que maior influência podem ter sobre a qualidade de água armazenada: número de células; circuitos hidráulicos; estanqueidade; isolamento térmico; ventilação; acessibilidade e vedação. Os procedimentos de exploração, apresentados no Plano Geral, e que visam a preservação da qualidade da água tratada nos reservatórios, integram rotinas de inspecção e rotinas de manutenção, além de poderem envolver, potencialmente, actuações de emergência.

5 - PREOCUPAÇÕES GERAIS E PROBLEMAS LOCALIZADOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

5.1 - Sistema de distribuição da Zona Baixa

Em conformidade com as conclusões obtidas no Capítulo 4, haverá que reforçar as reservas existentes na Zona Baixa com um reservatório de 10 000 m³. A alimentação deste reservatório será feita pelo prolongamento da conduta existente de Ø 1 200 da Av. 24 de Julho, com uma conduta de Ø 1 000, que se irá desenvolver ao longo da Av. 24 de Julho, R. João Oliveira Miguéns, Rotunda de Alcântara, Av. de Ceuta e R. do Arco Carvalhão, com uma extensão de 2 530 m (Figura 6 - Troço 4).

O Reservatório da Av. de Ceuta, desde que integrado de uma forma racional no sistema de distribuição da cidade de Lisboa, deverá resolver outro tipo de problemas, para além do já citado défice de reserva, designadamente:

- Aumento das pressões na zona Ocidental da cidade de Lisboa, servida pela Zona Baixa, por substituição do Reservatório de S. Jerónimo.
- Alteração do modo de alimentação do Reservatório de Campo de Ourique, actualmente dependendo exclusivamente da conduta elevatória Olivais - Campo de Ourique, com a implementação de uma alimentação complementar a partir do Reservatório da Av. de Ceuta.

Sobretudo para dar resposta a esta última questão, é indispensável garantir a afluência de determinados caudais ao Reservatório da Av. de Ceuta. Deste modo, torna-se necessário proceder à reformulação de alguns troços do sistema de distribuição da Zona Baixa.

Nos cenários analisados, são referidas 3 hipóteses de reforço, designadamente:

- **Reforço 1** : alteração do diâmetro da conduta entre os nós 1183A e 1145 (Figura 6 - Troço 3) para Ø 1 200.
- **Reforço 2** : alteração do diâmetro da conduta entre os nós 1145 e 1112 (Figura 6 - Troços 1 e 2) para Ø 1 000.
- **Reforço 3** : alteração, em alternativa ao reforço 2, do diâmetro da conduta entre os nós 1145 e 1112 (Figura 20 - Troços 1 e 2) para Ø 1 200.

Após a aferição do modelo matemático para o sistema de distribuição de água da Zona Baixa da cidade de Lisboa, foi ensaiado um conjunto de situações, tendo em vista analisar o funcionamento hidráulico do sistema, após a colocação em serviço do Reservatório da Av. de Ceuta e o reforço de alguns troços do sistema de distribuição. As principais conclusões retiradas são as seguintes:

- as pressões na zona ocidental da cidade, abastecida pela Zona Baixa, passam a ser mais estáveis e menos dependentes das flutuações dos consumos.
- se não forem efectuadas quaisquer obras de reforço na Zona Baixa, os caudais afluentes ao Reservatório da Av. de Ceuta serão claramente insuficientes para que seja realizada a alimentação do Reservatório de Campo de Ourique.
- com as obras de Reforço 1 e mesmo que se aumente o número de grupos em funcionamento nos Olivais (3 grupos) e em Barbadinhos (2 grupos) e se mantenha a válvula 5094

aberta, os caudais afluentes ao Reservatório da Av. de Ceuta serão, para consumos médios, de cerca de $350,8 \text{ l/s} \approx 30\,300 \text{ m}^3/\text{dia}$.

- com as obras de Reforço 2, operando nos Olivais com 3 grupos e em Barbadinhos com 1 grupo, e mantendo a válvula 5094 aberta, os caudais afluentes ao Reservatório da Av. de Ceuta serão, para consumos médios, de cerca de $397,3 \text{ l/s} \approx 35\,000 \text{ m}^3/\text{dia}$.
- com as obras de Reforço 3, operando nos Olivais com 3 grupos e em Barbadinhos com 1 grupo, e mantendo a válvula 5094 aberta, os caudais afluentes ao Reservatório da Av. de Ceuta serão, para consumos médios, de cerca de $472,5 \text{ l/s} \approx 40\,000 \text{ m}^3/\text{dia}$.

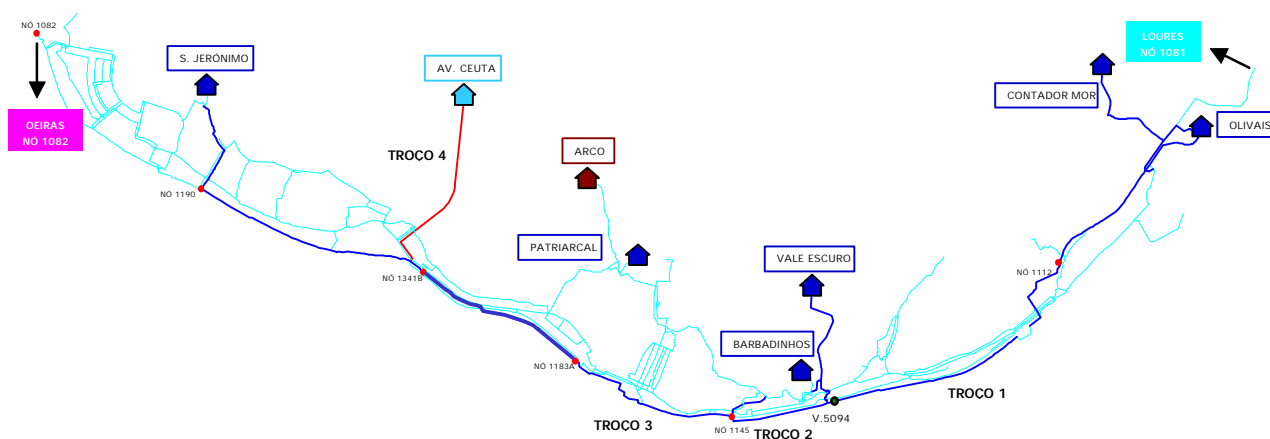


Figura 6 - Esquematização utilizada na modelação matemática do sistema de Zona Baixa

De acordo com o referido no parágrafo anterior, parece ser inquestionável que, para a utilização do Reservatório da Av. de Ceuta como alimentação complementar do Reservatório de Campo de Ourique, será indispensável proceder às obras de reforço preconizadas para a Zona Baixa. Na modelação matemática do sistema de distribuição da Zona Baixa para o ano 2020, foram utilizados os consumos do dia de maior consumo, previstos para o ano 2020, quer para o Concelho de Lisboa, quer para os Concelhos limítrofes.

O regime de operação modelado corresponde à seguinte situação de exploração: entrada em serviço do Reservatório da Av. de Ceuta; reforço 2; E.E. dos Olivais com 3 grupos em funcionamento; E.E. dos Barbadinhos com 1 grupo em funcionamento; válvula 5094 aberta.

A partir dos resultados obtidos na modelação matemática do sistema de distribuição da Zona Baixa para as condições indicadas, verifica-se que, para o ano horizonte de projecto e no dia de maior consumo, será possível, com as obras de reforço preconizadas, aduzir ao Reservatório da Av. de Ceuta um caudal de aproximadamente $430 \text{ l/s} \approx 37\,000 \text{ m}^3/\text{dia}$. Verifica-se também que, em relação à situação actual, há um aumento de pressão na zona ocidental do sistema de cerca de 5 m.

5.2 - Sistema de distribuição da Zona Média

Em conformidade com as conclusões obtidas no Capítulo 4, haverá que reforçar as reservas existentes na Zona Média com um reservatório de $15\,000 \text{ m}^3$. O Reservatório da Portela, para além de resolver o problema de défice de reserva da Zona Média, vai permitir alterar o regime de funcionamento da conduta elevatória Olivais - Campo de Ourique, desde que seja

encontrado um modo de alimentação complementar do Reservatório de Campo de Ourique e, conseqüentemente, provocar uma diminuição das pressões na rede, próximo da E.E. dos Olivais, as quais são, actualmente, demasiado elevadas.

Como foi referido no parágrafo anterior, será possível complementar a alimentação do Reservatório de Campo de Ourique, a partir da Zona Baixa, caso sejam efectuadas as obras de reforço referidas. Deste modo, será importante analisar o funcionamento hidráulico do sistema da Zona Média inserindo o novo Reservatório da Portela e alterando os regimes de exploração da E.E. dos Olivais e da E.E. de Barbadinhos, por forma a verificar quais os efeitos nas pressões da rede e nos volumes de água aduzidos ao Reservatório de Campo de Ourique.

Após a aferição do modelo matemático para o sistema de distribuição de água da Zona Média da cidade de Lisboa, foi ensaiado um conjunto de situações, tendo em vista analisar o funcionamento hidráulico do sistema, após a colocação em serviço do Reservatório da Portela. As principais conclusões retiradas são as seguintes:

- com a entrada em serviço do Reservatório da Portela e a paragem dos grupos nas E.E.s dos Olivais e de Barbadinhos (Hipótese A), verifica-se uma diminuição significativa das pressões da rede que se situa entre o Reservatório da Portela e a E.E. dos Olivais (cerca de 10 m). Nas restantes zonas do sistema, as alterações de pressão não são significativas;
- ainda na Hipótese A, verifica-se, para a situação de consumos médios, um défice, em relação à situação actual, na adução ao Reservatório de Campo de Ourique de, aproximadamente, $396 \text{ l/s} \approx 34\,000 \text{ m}^3/\text{dia}$.
- com a entrada em serviço de 4 grupos nos Olivais (Hipótese B), é possível proceder à alimentação do Reservatório da Portela. Nesta hipótese, os caudais aduzidos ao Reservatório de Campo de Ourique são semelhantes aos que se verificam na Hipótese A. A diminuição das pressões da rede que se situa entre o Reservatório da Portela e a E.E. dos Olivais é de aproximadamente 5 m.
- a entrada em serviço de 3 grupos nos Olivais (Hipótese C) apresenta um comportamento semelhante ao da Hipótese B, sendo contudo inferiores os caudais aduzidos ao Reservatório da Portela.

De salientar que o modo previsto para a inserção do Reservatório da Portela, no sistema de distribuição de Zona Média, permite, sempre que necessário, proceder à exploração do sistema tal como é realizado actualmente, isto é, com elevação directa entre a E.E. dos Olivais e o Reservatório de Campo de Ourique. Basta para o efeito fechar a válvula de alimentação do Reservatório da Portela.

De acordo com a análise efectuada no parágrafo anterior, justifica-se a inserção do Reservatório da Portela no sistema de Zona Média; no entanto, é fundamental encontrar um complemento para a alimentação de Campo de Ourique. Neste sentido, a análise do funcionamento hidráulico da Zona Média para a situação futura irá contemplar, para além da entrada em funcionamento do Reservatório da Portela, a colocação em serviço de uma nova estação elevatória, associada ao Reservatório da Av. de Ceuta, a qual deverá garantir o défice de caudal afluente ao Reservatório de Campo de Ourique provocado pela entrada em serviço do Reservatório da Portela.

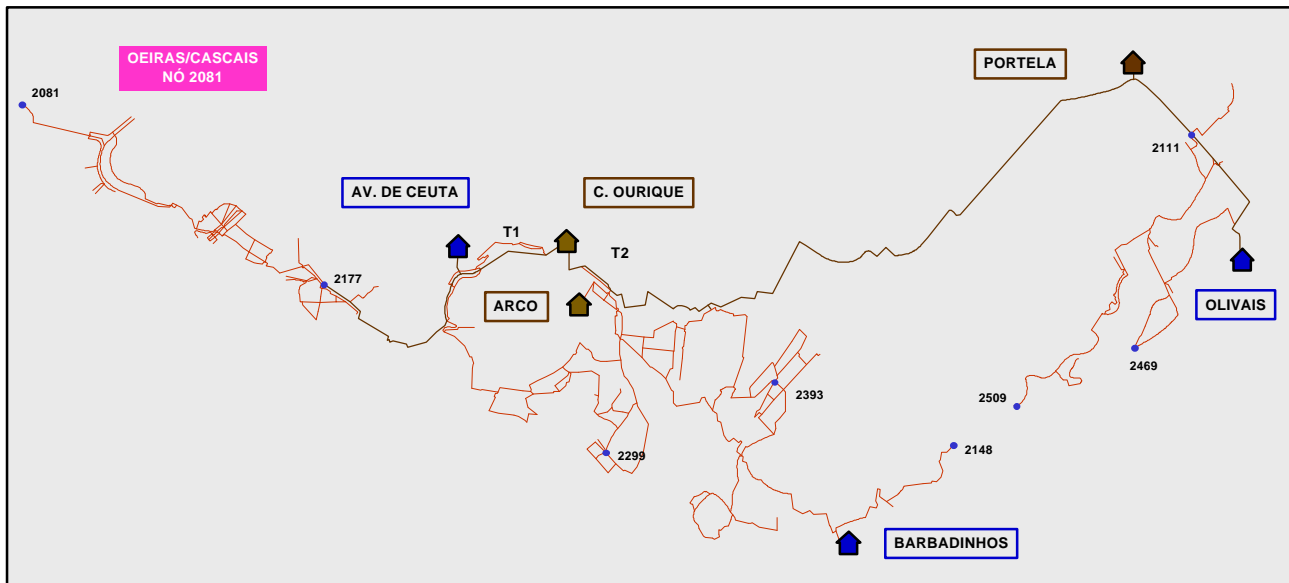


Figura 7 - Esquematização utilizada na modelação matemática do sistema de Zona Média

Na Figura 7, apresenta-se a esquematização utilizada para a modelação matemática do sistema de distribuição de água à Zona Média da cidade de Lisboa, para o ano 2020. Nesta figura, estão identificados os nós onde se consideraram os consumos para os Concelhos limítrofes.

Na modelação matemática do sistema de distribuição da Zona Média, para o ano 2020, foram utilizados os consumos do dia de maior consumo previstos para o ano 2020, quer para o Concelho de Lisboa, quer para os Concelhos limítrofes. Os regimes de operação modelados corresponderam às seguintes situações de exploração:

- **Cenário A:** Entrada em serviço do Reservatório da Portela; E.E. dos Olivais com 4 grupos em funcionamento; E.E. dos Barbadinhos com 1 grupo em funcionamento.
- **Cenário B:** Entrada em serviço da E.E. da Av. de Ceuta e do Reservatório da Portela; E.E. dos Olivais com 4 grupos em funcionamento; E.E. dos Barbadinhos com 1 grupo em funcionamento.

A partir dos resultados obtidos na modelação matemática do sistema de distribuição da Zona Média, verifica-se que, para o ano horizonte de projecto e no dia de maior consumo, será possível, com entrada em serviço da E.E. da Av. de Ceuta, reduzir as necessidades de água em Campo de Ourique em cerca de $498 \text{ l/s} \approx 43\,000 \text{ m}^3/\text{dia}$.

5.3 - Sistema de distribuição da Zona Superior

Em conformidade com as conclusões obtidas no Capítulo 4, não haverá que reforçar as reservas existentes na Zona Superior. No entanto, por razões não associadas a questões de capacidade mas a excessos de pressão, há que executar um novo Reservatório de Monsanto (Monsanto_I) para a Zona Superior, com uma capacidade de $10\,000 \text{ m}^3$ e à cota 150, ficando o actualmente existente (Monsanto) afecto à Zona Limite.

Actualmente existem duas zonas superiores no sistema da EPAL: uma alimentada por Telheiras - Charneca e outra por Campo de Ourique - Monsanto. A ligação hidráulica entre

estas duas zonas de distribuição, originando apenas uma Zona Superior, irá conferir ao sistema da **EPAL** uma maior fiabilidade e flexibilidade na sua exploração.

A alimentação do Reservatório da Charneca é actualmente realizada exclusivamente pela E.E. de Telheiras. A actual ligação entre o Reservatório da Charneca e o Reservatório de Camarate tem vindo a ser utilizada para a adução de caudais do Reservatório da Charneca para o Concelho de Loures. Caso seja executada uma E.E. em Camarate, a alimentação da Charneca poderia vir a ser realizada por esta via, em alternativa à E.E. de Telheiras.

Na modelação matemática do sistema de distribuição de água da Zona Superior, foram ensaiadas várias hipóteses de exploração considerando os seguintes aspectos:

- execução do novo Reservatório de Monsanto_I;
- ligação hidráulica entre a Zona Superior de Monsanto e a Zona Superior da Charneca;
- execução da E.E. de Camarate.

As principais conclusões retiradas são as seguintes:

- A substituição da E.E. de Telheiras pela E.E. de Camarate na alimentação do Reservatório da Charneca traz vantagens evidentes ao sistema de distribuição da **EPAL**. De facto, o caudal aduzido ao Reservatório de Telheiras, para posterior elevação para a Charneca, tem de circular pelo sistema de distribuição da Zona Alta, aumentando a conflituosidade que existe no nó em que afluem os caudais do adutor de Vila Franca de Xira - Telheiras e da conduta elevatória de Zona Alta proveniente da E.E. dos Olivais, enquanto que a adução para o Reservatório de Camarate faz-se na derivação do adutor de Vila Franca de Xira - Telheiras, no Prior Velho, a montante do referido nó. No caso dos regimes de exploração analisados, verifica-se que, para a situação dos consumos mínimos, esta substituição pode ser integral, enquanto que, para as situações de consumos médios e máximos, é necessário manter um grupo em funcionamento na E.E. de Telheiras, com vista a garantir pressões nos nós 4084 e 4335.
- Com a entrada em serviço do Reservatório de Monsanto_I, verifica-se, para todas as condições de consumo analisadas, uma diminuição das pressões na zona de Campo de Ourique, de cerca de 20 m. Esta situação, embora seja satisfatória do ponto de vista do funcionamento hidráulico das condutas, poderá ocasionar alguns problemas pontuais no abastecimento de prédios altos que existam na zona, os quais terão de ser objecto de tratamento de excepção.
- Com a ligação das duas Zonas Superiores verifica-se que, para todas as condições de consumo analisadas, a circulação de caudais é no sentido Charneca - Monsanto e, mais acentuada ainda, quando é realizada a paragem dos grupos de Campo de Ourique. A ligação das duas zonas garante uma maior flexibilidade na gestão do sistema, permitindo proceder a transferências de caudal da Charneca para Monsanto.
- Os períodos de paragem dos grupos na E.E. de Campo de Ourique poderão ser maiores dos que se verificam actualmente, com consequentes benefícios nos custos de exploração do sistema. Os caudais que terão de ser garantidos em Campo de Ourique serão menores, o que se traduz por uma maior eficácia na gestão do sistema de distribuição da Zona Média.
- Quando os grupos na E.E. de Campo de Ourique se encontram parados, verifica-se que a diminuição de pressões em Campo de Ourique não é muito significativa e que o abasteci-

mento é garantido, por um lado pelo Reservatório de Monsanto e, por outro, pela conduta de interligação das duas Zonas Superiores.

Na Figura 8, apresenta-se a esquematização utilizada para a modelação matemática do sistema de distribuição de água à Zona Superior da cidade de Lisboa, para o ano 2020. Na modelação matemática do sistema de distribuição da Zona Superior, para o ano 2020, foram utilizados os consumos do dia de maior consumo previstos para o ano de 2020, quer para o Concelho de Lisboa, quer para os Concelhos limítrofes. Os regimes de operação modelados corresponderam às seguintes situações de exploração:

- **Cenário A:** Entrada em serviço do Reservatório de Monsanto_I; E.E. de Telheiras com 2 grupos em funcionamento; E.E. de Camarate com 1 grupo em funcionamento; E.E. de Campo de Ourique fora de serviço.
- **Cenário B:** Situação idêntica ao Cenário A, mas considerando a remodelação dos Troços 2, 3 e 4 (Figura 8) para os diâmetros de, respectivamente, Ø300, Ø400 e Ø300.

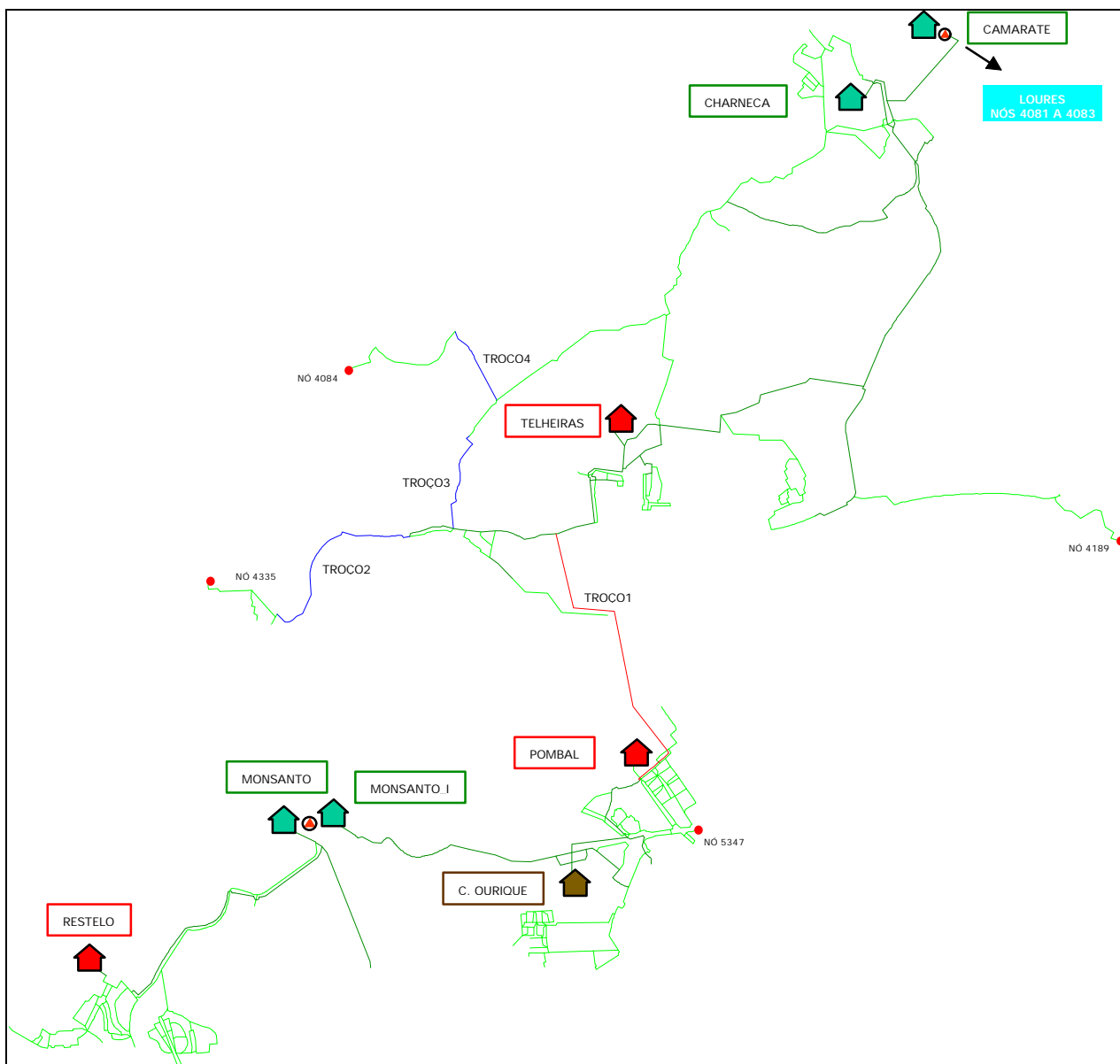


Figura 8 - Esquemática utilizada na modelação matemática do sistema de distribuição da Zona Superior.

A partir dos resultados obtidos na modelação matemática do sistema de distribuição da Zona Superior para as condições indicadas, verifica-se que, para o ano horizonte de projecto e no dia de maior consumo, no Cenário A, as pressões nos nós 4084 e 4335 diminuem consideravelmente. Para fazer face a esta diminuição de pressões, é indispensável remodelar os Troços 2, 3 e 4, indicados na Figura 8, para os diâmetros de, respectivamente, $\varnothing 300$, $\varnothing 400$ e $\varnothing 300$. Os resultados obtidos no Cenário B apresentam valores satisfatórios para as pressões nesses nós.

5.4 - Análise integrada das soluções previstas

A entrada em funcionamento dos troços do Adutor de Circunvalação, que se prevê venha a acontecer até ao ano 2000, irá criar uma malha alternativa no sistema de distribuição da Zona Alta, cujas consequências mais relevantes se traduzem por:

- um aumento nos caudais aduzidos a partir da E.E. de Vila Franca de Xira e da E.E. dos Olivais, sem ter que alterar os regimes de exploração nestas estações elevatórias;
- uma maior capacidade de adução para os Concelhos limítrofes, nomeadamente Amadora, Oeiras e Cascais;
- um rápido enchimento do Reservatório da Amadora.

Os aspectos descritos nos pontos anteriores vão permitir que sejam alterados os regimes de exploração na E.E. de Telheiras e na E.E. de Campo de Ourique, nomeadamente no que se refere aos períodos de funcionamento, nestas estações elevatórias, para o Reservatório da Amadora. Deste modo, com a entrada em serviço dos Troços do Adutor de Circunvalação e a consequente alimentação do Reservatório da Amadora por essa via, poder-se-ão diminuir substancialmente os períodos de bombagem na E.E. de Telheiras e na E.E. de Campo de Ourique para a Amadora, o que irá corresponder a uma diminuição dos caudais necessários nos Reservatórios de Telheiras e de Campo de Ourique.

A construção da E.E. de Camarate e a ligação entre as Zonas Superiores da Charneca e de Monsanto irão permitir que:

- a alimentação do Reservatório da Charneca seja realizada pela E.E. de Camarate, em alternativa à E.E. de Telheiras, a qual passará a ser utilizada, fundamentalmente, nos períodos de maiores consumos para repor níveis de pressão no sistema de distribuição;
- a E.E. de Campo de Ourique poderá funcionar apenas para repor níveis no novo Reservatório de Monsanto, uma vez que os consumos da zona poderão ser garantidos, quer pelo novo Reservatório de Monsanto (Monsanto_I), quer pelos caudais provenientes da Zona Superior da Charneca, através de nova conduta de ligação entre os dois sistemas de Zona Superior.

Resumindo o que foi referido nos parágrafos anteriores, salienta-se que, quer a E.E. de Telheiras, quer a de Campo de Ourique, poderão vir a operar durante períodos mais curtos, sendo, consequentemente, menores os caudais necessários nos Reservatórios de Telheiras e Campo de Ourique.

Actualmente, o Reservatório de Campo de Ourique é alimentado, exclusivamente, pelo sistema de distribuição da Zona Média, através da E.E. dos Olivais, por intermédio de uma conduta elevatória Ø 1 000. Esta estação elevatória opera 24 h por dia, sendo, por isso, bastante difícil proceder a obras de manutenção da referida conduta. A construção do Reservatório da Portela, para além de resolver o problema do défice de reserva da Zona Média, vai permitir alterar o regime de funcionamento da conduta Olivais - Campo de Ourique. Assim, sempre que as condições de exploração o permitam, esta conduta, a jusante do referido reservatório, irá funcionar em regime gravítico. A alteração do regime de funcionamento da conduta Olivais - Campo de Ourique e a cota a que se irá localizar o Reservatório da Portela terão como consequência uma diminuição dos caudais aduzidos ao Reservatório de Campo de Ourique.

Embora as necessidades de água em Campo de Ourique tendam a ser menores que as actuais, é indispensável, até por uma questão de fiabilidade do sistema, encontrar uma solução alternativa, ou mais precisamente complementar, para a alimentação do Reservatório de Cam-

po de Ourique. Esta solução traduz-se na alimentação de Campo de Ourique através do sistema da Zona Baixa.

Um dos problemas que actualmente se verifica na Zona Baixa de distribuição da **EPAL** corresponde à existência de pressões deficientes na zona ocidental, motivadas pela cota demasiado baixa a que se encontra a soleira do Reservatório de S. Jerónimo. A construção do novo Reservatório da Av. de Ceuta, com uma capacidade de 10 000 m³ e a soleira à cota 65, para além de resolver o problema das deficientes pressões que se verificam na zona ocidental, irá colmatar o défice de capacidade de reserva da Zona Baixa. A construção da E.E. da Av. de Ceuta, associada à remodelação dos troços da Zona Baixa, irá garantir uma alimentação complementar do Reservatório de Campo de Ourique.

Em consequência do referido nos parágrafos anteriores, verifica-se que existe uma interdependência entre as diferentes obras de reforço preconizadas. De facto,

- para que se possam retirar todas as vantagens da colocação em serviço do Reservatório da Portela, este só deverá ser executado quando se implementar a alimentação complementar do Reservatório de Campo de Ourique, isto é, quando estiver concluída a construção do Reservatório e E.E. da Av. Ceuta;
- a construção do Reservatório da Av. de Ceuta, e sua ligação ao sistema da Zona Baixa, deverá ser efectuada mesmo antes de se proceder ao reforço da Zona Baixa. Embora, deste modo, não se garantam todos os caudais necessários ao abastecimento complementar de Campo de Ourique, ficam, desde logo, resolvidos os problemas de reserva da Zona Baixa e do défice de pressões na zona ocidental da cidade;
- a entrada em serviço da E.E. de Camarate deverá coincidir com a conclusão do Troço do Adutor de Circunvalação que liga a conduta Camarate - Sto. António dos Cavaleiros à Calçada de Carriche;
- a ligação entre as duas Zonas Superiores só deverá ser efectuada após a construção do novo Reservatório Monsanto_I, de forma a se poderem garantir transferências de caudal da Zona Superior da Charneca para a Zona Superior de Monsanto;
- as obras de reforço da Zona Superior são independentes da ligação entre as duas Zonas Superiores, podendo ser efectuadas em qualquer altura.

Neste sentido, poder-se-ão considerar as seguintes fases de implementação das obras de reforço propostas:

- **1ª Fase:** remodelação de condutas da Zona Superior;
- **2ª Fase:** Adutor de Circunvalação; E.E. de Camarate; Reservatório de Monsanto_I; conduta de ligação do Reservatório de Monsanto_I à conduta elevatória Ø 600 Campo de Ourique - Monsanto; E.E. de Monsanto; conduta de ligação da E.E. de Monsanto_I ao Reservatório de Monsanto; conduta de ligação entre a Zona Superior de Monsanto e a Zona Superior da Charneca.
- **3ª Fase:** reservatório da Av. de Ceuta; E.E. da Av. de Ceuta; conduta de ligação da E.E. da Av. de Ceuta à Conduta de Cascais; conduta de ligação do Reservatório da Av. de Ceuta ao sistema de Zona Baixa; remodelação de condutas da Zona Baixa.
- **4ª Fase:** Reservatório da Portela; conduta de ligação do Reservatório da Portela à conduta Ø 1 000 Olivais - Campo de Ourique.

AGRADECIMENTOS

A execução de um estudo da natureza daquele que é objecto da presente comunicação apenas foi possível com a contribuição de um vasto conjunto de técnicos. Nestas condições, os três primeiros autores desejam expressar o seu reconhecimento aos técnicos da EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., pela colaboração prestada ao longo do desenvolvimento do Plano Geral, assim como aos membros da equipa técnica que elaborou o estudo e que fazem parte dos quadros das empresas AQUASIS, Consultores de Engenharia Municipal e de Ambiente, Lda., e AMBIO, Consultores de Engenharia e Tecnologia do Ambiente, Lda..