

# **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA ADUZIDA A LISBOA -INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUÍDA-**

Maria João BENOLIEL<sup>1</sup>, Maria Augusta CAVACO<sup>2</sup>, Sandra GANCHO<sup>3</sup>

## **RESUMO**

O presente trabalho tem por objectivo relacionar as características físicas e químicas da água proveniente dos subsistemas de Castelo do Bode, do Tejo e do Alviela, comparando os valores determinados na água aduzida, à entrada de Lisboa, com os valores encontrados na rede de distribuição. Descreve-se de forma breve o sistema de produção, de adução e de distribuição na cidade de Lisboa. Refere-se o programa de monitorização praticado na Divisão de Laboratórios e os resultados obtidos nas análises efectuadas.

**Palavras – chave :** água consumo humano, qualidade da água, parâmetros físicos, parâmetros químicos

---

<sup>1</sup> Maria João Benoliel, Eng<sup>a</sup> Química, Chefe de Sector de Apoio Técnico e Qualidade da Divisão de Laboratórios da Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> Maria Augusta Cavaco, Eng<sup>a</sup> Química, Directora da Divisão de Laboratórios da Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., Lisboa, Portugal

<sup>3</sup> Sandra Gancho, Eng<sup>a</sup> Sanitária, Estagiária na Divisão de Laboratórios da Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., Lisboa, Portugal

## 1 - INTRODUÇÃO

A problemática do abastecimento de água e, mais genericamente, do ambiente vem ganhando uma relevância crescente no nosso país. A sua importância para a saúde pública, para a qualidade de vida das populações, para o desenvolvimento regional e local vem sendo cada vez mais reconhecida, quer pelos próprios cidadãos quer pelos poderes públicos [EPAL, (1996)].

Às entidades produtoras/distribuidoras de água para consumo humano é atribuída, nos termos da legislação em vigor, competência, para produzir e distribuir ÁGUA DE ABASTECIMENTO PARA CONSUMO HUMANO, cumprindo na íntegra os padrões de qualidade definidos, qualidade pela qual, as entidades referidas são directamente responsáveis e responsabilizadas.

No entanto, é facto comprovado, que os recursos hídricos utilizados apresentam frequentemente, para alguns parâmetros físicos e químicos, concentrações mais elevadas que o desejável, devido à constituição geológica dos aquíferos de onde provém.

Por outro lado, também não pode ser esquecido que, dum modo geral, as origens de água encontram-se sujeitas aos efeitos de uma poluição crescente, quer de origem agrícola quer de origem industrial, que pode dificultar e mesmo impedir que o objectivo anteriormente enunciado seja atingido, sem que daí advenham custos elevados para o consumidor.

Assim, enquanto que os problemas de ordem microbiológica são relativamente fáceis de dominar através de um tratamento de desinfecção adequado, a modificação das características físicas e químicas, só é possível, para apreciável número de parâmetros, mediante recurso a tecnologias de custo elevado.

Apresenta-se nesta comunicação, um breve estudo da influência dos constituintes físicos e químicos presentes nas águas captadas e tratadas pela EPAL comparando as características da água aduzida a Lisboa, através dos subsistemas Tejo, Alviela e Castelo do Bode, com a qualidade da água distribuída.

## 2 - RECURSOS HÍDRICOS UTILIZADOS PELA EPAL

O Sistema de Abastecimento gerido pela EPAL, que abastece de modo directo e indirecto cerca de 2 300 000 habitantes residentes em 22 Municípios, é actualmente alimentado essencialmente por águas de origem superficial constituindo, no entanto, as captações de origem subterrânea um recurso imprescindível.

Os volumes captados foram, no ano de 1997, os seguintes [EPAL (1998)]:

Volume total de água captada : 240 420 583 m<sup>3</sup>  
Volume máximo mensal ⇒ 22 016 998 m<sup>3</sup>  
Volume mínimo mensal ⇒ 17 441 854 m<sup>3</sup>  
Volume médio mensal ⇒ 20 035 049 m<sup>3</sup>

⇒ As captações de origem superficial recorrem à Albufeira do Castelo do Bode e ao rio Tejo, a montante da povoação de Valada do Ribatejo.

O volume de água captada é de 193 830 807 m<sup>3</sup> o que corresponde a um caudal diário médio de cerca de 531x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>.

Albufeira do Castelo do Bode : 149 776 087 m<sup>3</sup> o que corresponde a um caudal diário médio de cerca de 410.3x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>.

A água da Albufeira do Castelo do Bode, no local em que se encontra situada a captação da EPAL, apresenta uma qualidade, que relativamente às características físico-químicas se insere na Classe A 1 nos termos do Anexo II- Decreto Lei N.º 74/90, exceção feita ao pH (Relatório Interno, 1997).

Rio Tejo/Captação de Valada : 44 054 720 m<sup>3</sup> o que corresponde a um caudal diário médio de cerca de 120.7x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>.

A água do rio Tejo, no local da captação da EPAL, apresenta uma qualidade, que relativamente às características físico-químicas se situa, nos termos do Anexo II Decreto Lei N.º 74/90 na Classe A2 (Relatório Interno, 1997).

⇒ Nascente dos Olhos de Água : 13 078 044 m<sup>3</sup> o que corresponde um caudal diário médio de cerca de 35.8x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>.

⇒ Água de origem subterrânea : 33 511 732 m<sup>3</sup> o que corresponde a um caudal médio diário de cerca de 91.8x 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>.

Captações em aquíferos calcários jurássicos : 18 487 246 m<sup>3</sup>

A água do aquífero calcário é explorado todo o ano e integra os Poços de Ota e Alenquer; caracteriza-se por ser bastante mineralizada, dura e fracamente cloretada e sulfatada [CAVACO e BENOLIEL (1997)].

Captações em aluviões profundos recentes da bacia do Tejo : 233 450 m<sup>3</sup>

Integram esta captação os poços localizados no Carregado, Quinta do Campo, Espadanal, Valada I, Valada II e Valada III. A água de alguns dos poços das captações localizadas nos aluviões (Valada I e Valada II) do aquífero do Tejo caracteriza-se por uma excessiva mineralização e por possuírem valores excessivos de azoto amoniacal, sódio, magnésio, ferro e manganês [CAVACO e BENOLIEL (1997)].

Captações no Mio-Pliocénio da bacia do Tejo : 14 791 036 m<sup>3</sup>

No aquífero do Tejo, as captações localizadas no Mio-Pliocénio (Lezírias e Valada I), caracterizam-se por uma água mineralizada, medianamente dura, cloretada e sulfatada [CAVACO e BENOLIEL (1997)].

### **3 - SISTEMA ADUTOR**

O sistema de adução da EPAL, que compreende 346 Km de condutas de grande diâmetro, integra três subsistemas.

#### **3.1 - Subsistema do Alviela**

Este subsistema transporta, numa extensão de 114 Km, a água captada na nascente dos Olhos de Água, até ao reservatório dos Barbadinhos. A parte que transporta em superfície livre, é construído em alvenaria e revestido interiormente com reboco hidráulico até 1,4 m acima da soleira tendo uma secção ovóide de 1,90 m de altura e 1,25 m de largura máxima [FERREIRA *et al* (1996)].

Além da água captada nos Olhos de Água, é introduzida neste Aqueduto a água proveniente dos poços de Ota, de Alenquer e das Lezírias. Em determinadas épocas do ano, devido à insuficiência dos volumes produzidos torna-se necessário completar o caudal captado com água proveniente de outras origens. Nestes casos processa-se uma transferência do adutor do Castelo do Bode, em Alcanhões e a introdução, quando necessário, de água proveniente de outras captações subterrâneas localizadas mais a jusante.

#### **3.2 - Subsistema Tejo**

O adutor Tejo está dimensionado para o transporte de  $280 \times 10^3 \text{ m}^3$ , tem uma dimensão de 42 Km desde a Várzea da Chaminé, no concelho da Azambuja, até ao reservatório dos Olivais. Possui uma secção circular de betão armado de 2,50 m de diâmetro, excepto nos sifões em que é constituído por duas linhas de betão armado, normalmente de 1,44 m de diâmetro interior [FERREIRA *et al* (1996)].

Na Várzea das Chaminés recebe água da estação de tratamento, Vale da Pedra, da água proveniente da captação superficial do Rio Tejo, em Valada do Ribatejo. Recebe ainda água dos poços Ota e Alenquer, e, quando necessário, dos poços de Valada I, Valada II, Valada III, Espadanal, Carregado e Quinta do Campo.

Com o objectivo de otimizar a exploração energética, a água transportada neste subsistema até à Estação Elevatória de Vila Franca, é transferida para a Conduto de  $\phi$  1500 (Vila Franca-Telheiras), recebendo por troca a água proveniente do subsistema de Castelo do Bode.

#### **3.3 - Subsistema de Castelo do Bode**

A água captada na albufeira de Castelo de Bode é transportada para a Estação de Tratamento através de uma conduta, denominada “troço inicial”, constituída por tubagem em betão pré-esforçado, de 1,80 m de diâmetro e cerca de 8,7 Km de comprimento. O adutor, propriamente dito totaliza cerca de 80 Km, entre a saída da Estação de Tratamento da Asseiceira e a Estação Elevatória de Vila Franca de Xira [FERREIRA *et al* (1996)]. O material em contacto com a água tem as mesmas características químicas do troço inicial.

Como referido no ponto anterior, a água transportada neste subsistema, é transferida, na Estação Elevatória de Vila Franca, para o adutor Tejo, recebendo ainda água dos poços das Lezírias.

### **3.4 - Conduta de Vila Franca-Telheiras**

Constitui ainda parte integrante do sistema de adução, com cerca de 33 Km de comprimento e 1,5 m de diâmetro, a conduta acima referida que tem início na E.E. de Vila Franca e termina no reservatório de Telheiras. O material em contacto com a água é igualmente betão pré-esforçado. Esta conduta é alimentada na E.E. de Vila Franca pela água transferida do Subsistema Tejo, não recebendo qualquer outra contribuição no seu percurso.

## **4 - REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE LISBOA**

O sistema de distribuição no Concelho de Lisboa é bastante complexo, devido especialmente às características topográficas da cidade. As zonas de distribuição são: zona baixa (até à cota 30), zona média (entre as cotas 30 e 60), zona alta (entre as cotas 60 e 90) e zona superior (acima da cota 90). Cada zona é composta por reservatórios, para reserva de água e regulação de caudais consumidos e é abastecida por uma ou mais estações elevatórias. As zonas funcionam de modo independente, no entanto estão ligadas por estações elevatórias e válvulas de ligação que se encontram fechadas em regime normal de exploração. O conjunto de condutas tem uma extensão de cerca de 1 400 Km. Em Lisboa existem ainda 84 000 ramais, 17 reservatórios, 10 estações elevatórias e 11 000 órgãos de manobra [BARROS (1997)]. Três reservatórios, Barbadinhos, Olivais e Telheiras, denominados reservatórios de chegada, recebem directamente a água dos subsistemas Alviela, Castelo do Bode e Tejo. Estes reservatórios, alimentam por sua vez outros reservatórios a cotas diferentes e abastecem ainda directamente algumas áreas da própria rede de distribuição. Sucede assim, que em algumas zonas da cidade as características da água distribuída correspondem com notável aproximação às características da água aduzida, enquanto que noutras reflectem o efeito das misturas verificadas.

## **5 - PROGRAMA DE AMOSTRAGEM E MÉTODOS DE ENSAIO**

O programa de amostragem e de análise de parâmetros físicos, químicos e de substâncias tóxicas, na rede de distribuição da EPAL, está estabelecido de modo a contemplar as exigências do Dec-Lei 74/90 e controlar de modo sistemático a qualidade da água em toda a extensão da rede.

Os pontos de amostragem estão localizados nos locais de adução a Lisboa através dos 3 Subsistemas (Alviela, Tejo e Castelo de Bode), em 14 reservatórios em funcionamento e em 12 locais na Zona Baixa, 10 na Zona Média, 16 na Zona Alta e 6 na Zona Superior. Os pontos de amostragem que permitem controlar a água aduzida a Lisboa pelo três subsistemas, também designados “entradas” fazem parte integrante do programa de controlo de qualidade da água distribuída em Lisboa e estão localizados em condutas que abastecem os reservatórios de chegada (Barbadinhos, Olivais e Telheiras).

Durante o ano de 1997, foram realizadas na rede de distribuição de Lisboa (Entradas, reservatórios e zonas de distribuição), cerca de 32 350 determinações, dos parâmetros a seguir descritos, excedendo o número exigido por Lei, em 28% para os parâmetros do Grupo G2 e

8% para o Grupo G3. Cerca de 6 900 determinações correspondem a parâmetros não obrigatórios.

A periodicidade de amostragem assim como os parâmetros analisados resume-se seguidamente (\*-parâmetro não obrigatório):

### **Adução a Lisboa (3 pontos)**

- Três vezes por semana- Condutividade, oxidabilidade, azoto amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos
- Semanal- pH, alcalinidade\*, anidrido carbónico livre, sulfatos, dureza total, ortofosfatos, oxigénio dissolvido, cálcio, magnésio, potássio, sólidos suspensos totais, alumínio e trihalometanos\*
- Trimestral- Cianetos, fluoretos, sulfuretos azoto kjeldahl, agentes tensioactivos\*, antimónio, arsénio, bário\*, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, crómio, ferro, manganês, mercúrio, níquel, selénio, zinco, carbono orgânico total, fenóis\*, sólidos suspensos totais, hidrocarbonetos dissolvidos\*, óleos e gorduras\* e hidrocarbonetos aromáticos polinucleares.
- Anual- Pesticidas organofosforados\*, organoclorados\* e triazínicos\*

### **Reservatórios (14 pontos)**

- Mensal- pH, alcalinidade\*, anidrido carbónico livre, condutividade, oxidabilidade, azoto amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, sulfatos, sílica, dureza total, ortofosfatos, oxigénio dissolvido, cálcio, magnésio, sódio, potássio, alumínio, sólidos dissolvidos totais e trihalometanos
- Semestral- Cianetos, fluoretos, sulfuretos azoto kjeldahl, agentes tensioactivos, antimónio, arsénio, bário\*, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, crómio, ferro, manganês, mercúrio, níquel, selénio, zinco, carbono orgânico total, fenóis\*, sólidos suspensos totais.

### **Zonas de distribuição**

- Semanal (11 pontos/semana)- pH, anidrido carbónico livre, condutividade, oxidabilidade, azoto amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, sulfatos, sílica, dureza total, ortofosfatos, oxigénio dissolvido, cálcio, magnésio, sódio, potássio, alumínio, sólidos dissolvidos totais e trihalometanos\*
- Mensal (11 pontos por mês)- alcalinidade\*, chumbo, cobre, ferro, zinco, fluoretos, cianetos, sulfuretos, azoto Kjeldhal, carbono orgânico total, agentes tensioactivos\*
- Trimestral (11 pontos por trimestre)- Antimónio, arsénio, bário\*, cádmio, cobalto, crómio, manganês, mercúrio, níquel, selénio, sólidos suspensos totais, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares e fenóis\*

As análises são executadas na Divisão de Laboratórios da EPAL, à excepção de hidrocarbonetos dissolvidos, óleos e gorduras e pesticidas organoclorados que de momento são realizados em Laboratórios contratados para o efeito. Os métodos de ensaio seguem o estipulado na legislação vigente, com limites de quantificação, pelo menos, iguais ou inferiores a 10 % do VMR ou VMA (Dec. Lei 74/90), sendo objecto de validação e de controlo de qualidade analítica [CAVACO e BENOLIEL (1997)].

## **6 - CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DA ÁGUA ADUZIDA E DISTRIBUÍDA EM LISBOA**

A qualidade da água distribuída pela EPAL deve antes de mais satisfazer as condições necessárias para assegurar a saúde do consumidor. Esta análise de conformidade é feita com base no estabelecido no Decreto-Lei 74/90 e, sempre que não existam valores paramétricos, recorre-se à proposta de revisão da Directiva Comunitária 80/778/CEE ou às Recomendações da Organização Mundial de Saúde. Além desta abordagem serão ainda analisados os resultados numa perspectiva de identificar os parâmetros que sofrem alteração ao longo da rede de distribuição, e os parâmetros que podem ser seleccionados para descritores da água fornecida pelos 3 subsistemas.

Apresentam-se nos Quadros 1 e 2 os valores máximos e mínimos dos parâmetros físicos e químicos determinados durante 1997, na água aduzida a Lisboa, através dos 3 subsistemas, nos reservatórios e nas quatro zonas de distribuição da cidade, de acordo com o programa descrito no ponto anterior. Para efeitos de avaliação da qualidade da água distribuída a Lisboa, são considerados todos os pontos de amostragem anteriormente referidos (Pontos de adução, Reservatórios e Zonas de Abastecimento).

### **6.1 - Qualidade da água *versus* legislação para protecção da saúde do consumidor**

Alguns parâmetros registaram, ao longo do ano, em todos os pontos de amostragem, valores inferiores ou da mesma ordem de grandeza do limite de quantificação dos métodos:

- Parâmetros relativos a substâncias indesejáveis- sulfuretos, agentes tensioactivos, cobalto, sólidos suspensos totais, fenóis, hidrocarbonetos dissolvidos e óleos e gorduras
- Parâmetros relativos a substâncias tóxicas- antimónio, arsénio, cádmio, crómio, mercúrio, níquel, selénio, cianetos, pesticidas organoclorados, organofosforados e triazínicos e hidrocarbonetos aromáticos polinucleares.

Todos os parâmetros que integram esta comunicação apresentaram durante 1997, valores inferiores aos Valores Máximos Admissíveis (VMA), estabelecidos no Dec-Lei 74/90. Os valores do parâmetro THMs foram inferiores ao valor paramétrico estabelecido na última versão da proposta de revisão da Directiva 80/778/CEE (150 µg/l).

Os parâmetros temperatura, pH, condutividade, cloretos, sulfatos, sódio, alumínio, oxidabilidade, azoto amoniacal, ferro e manganês registaram, durante 1997, valores superiores aos Valores Máximos Recomendáveis (VMR) estabelecidos no Anexo IX do Dec-Lei 74/90. Assim, de um total de 11 027 determinações relativas a estes parâmetros, 25% de resultados dos parâmetros físico-químicos e 0.3% de substâncias indesejáveis foram superiores aos VMR (Quadro 3).

**Quadro 1**  
**Caracterização Física e Química da Água na Adução a Lisboa**  
**Valores Mínimo e Máximo Anuais 1997**

PARÂMETROS	SUB-SISTEMA ALVIELA			SUB-SISTEMA TEJO			SUB-SISTEMA CAST. BODE		
	Nº AM.	V.MÍN.	V.MÁX.	Nº AM.	V.MÍN.	V.MÁX.	Nº AM.	V.MÍN.	V.MÁX.
<b>Físico-Químicos</b>									
Temperatura (°C)	156	10.0	23.0	159	12.5	23.0	157	13.0	19.0
pH (escala Sörensen)	52	8.0	8.3	57	7.0	7.7	57	7.3	8.3
Condutividade (µS / cm)	155	171	594	159	122	603	158	110	254
Cloretos (mg Cl / L)	154	14.4	71.3	159	6.8	79.3	158	6.0	48.3
Sílica (mg SiO <sub>2</sub> / L)	53	6.2	14	65	4.3	10.8	58	5.9	8.8
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> / L)	53	19.5	49.0	58	11.9	60.1	58	10.0	30.7
Cálcio (mg Ca / L)	44	20.2	61.8	44	20.8	43.5	44	13.0	24.5
Magnésio (mg Mg / L)	44	3.9	8.1	44	2.6	8.8	44	1.7	3.8
Sódio (mg Na / L)	52	25.0	89.7	56	6.4	83.2	56	5.5	22.0
Potássio (mg K / L)	44	1.7	3.5	48	1.0	3.5	45	0.9	1.5
Alumínio (mg Al / L)	52	<0.005	0.088	56	0.011	0.136	56	0.008	0.062
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> / L)	53	80.5	201.1	58	51.2	149.7	58	41.1	74.1
Sólidos Dissol. Totais (mg / L)	149	132	425	152	116	432	151	104	195
Oxigénio Dissolvido (O <sub>2</sub> (% Sat.))	51	90.9	111.1	52	85.7	109.8	52	85.1	118.4
Anidrido Carbónico (mg CO <sub>2</sub> / L)	52	0.7	5.2	52	1.8	10.5	52	0.2	4.2
Alcalinidade (mg CaCO <sub>3</sub> / L)	52	97.4	251.2	57	49.4	126.6	57	35.2	65.8
<b>Indesejáveis</b>									
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> / L)	154	1.34	12.7	159	2.25	6.89	158	2.00	4.66
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> / L)	154	<0.0015	0.012	159	<0.0015	0.012	158	<0.0015	0.004
Azoto Amoniacal (mg NH <sub>4</sub> / L)	154	<0.030	0.05	159	<0.030	0.402	158	<0.030	0.045
Azoto Kjeldahl (mg N / L)	4	-	<0.05	4	-	0.55	4	-	<0.05
Oxidabilidade (mg O <sub>2</sub> / L)	156	0.09	2.24	159	0.14	2.51	158	0.11	1.57
Carbono Org. Total (mg / L)	11	<0.5	4.2	11	0.9	4.6	11	1.9	6.9
Sulfuretos (mg S / L)	4	-	<0.005	4	-	<0.005	4	-	<0.005
Ferro (mg Fe / L)	5	0.023	0.024	9	<0.010	0.125	9	<0.010	0.028
Manganês (mg Mn / L)	5	-	0.005	9	<0.002	0.016	9	<0.002	0.003
Cobre (mg Cu / L)	3	-	0.003	3	-	0.004	3	-	0.008
Zinco (mg Zn / L)	3	-	<0.020	3	-	0.039	3	-	0.029
Fósforo (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / L)	53	<0.0025	0.099	65	<0.0025	0.074	76	<0.0025	0.034
Fluoretos (mg F / L)	4	-	0.323	4	-	0.231	4	-	0.159
Cobalto (mg Co / L)	3	-	<0.002	3	-	<0.002	3	-	<0.002
Sólidos Susp. Totais (mg / L)	3	-	<3.0	3	-	<3.0	3	-	<3.0
Fenóis (µg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH / L)	3	-	<5.0	3	-	<5.0	3	-	<5.0
Agentes Tensioactivos (mg / L)	4	-	<0.050	4	-	<0.050	4	-	<0.050
Bário (mg Ba / L)	3	-	0.081	3	-	0.026	3	-	0.015
Óleos e Gorduras (mg / L)	2	-	<0.010	2	-	<0.010	2	-	<0.010
Hidroc. Diss. (mg / L)	2	-	<0.010	2	-	<0.010	2	-	<0.010
<b>Tóxicos</b>									
Arsénio (mg As / L)	3	-	<0.0005	3	-	<0.0005	3	-	<0.0005
Cádmio (mg Cd / L)	3	-	<0.0001	3	-	0.0002	3	-	0.0002
Cianetos (mg CN / L)	3	-	<0.05	3	-	<0.05	3	-	<0.05
Crómio (mg Cr / L)	3	-	<0.002	3	-	<0.002	3	-	<0.002
Mercúrio (mg Hg / L)	3	-	0.0002	3	-	0.0002	3	-	<0.0002
Níquel (mg Ni / L)	3	-	<0.005	3	-	<0.005	3	-	<0.005
Chumbo (mg Pb / L)	3	-	0.001	3	-	0.001	3	-	0.002
Antimónio (mg Sb / L)	3	-	<0.002	3	-	<0.002	3	-	<0.002
Selénio (mg Se / L)	3	-	<0.001	3	-	<0.001	3	-	<0.001
HAP (µg / L)	24	-	<0.005	24	-	<0.005	24	-	<0.005
Pesticidas Organoclorados (µg / L)	22	-	<0.55	22	-	<0.55	22	-	<0.55
Pesticidas Organofosforados (µg / L)	12	-	<0.30	12	-	<0.30	12	-	<0.30
PCB's (µg / L)	6	-	<0.15	6	-	<0.15	6	-	<0.15
THM Total (µg / L)	50	20.8	144.4	55	47.3	145.4	54	46.8	109.3

**Quadro 2**  
**Caracterização Física e Química da Água nas Zonas de Abastecimento de Lisboa**  
**Valores Mínimo e Máximo Anuais 1997**

PARÂMETROS	ZONA BAIXA			ZONA MÉDIA			ZONA ALTA			ZONA SUPERIOR			RESERVATÓRIOS		
	Nº AM.	V.MÍN.	V.MÁX.	Nº AM.	V.MÍN.	V.MÁX.	Nº AM.	V.MÍN.	V.MÁX.	Nº AM.	V.MÍN.	V.MÁX.	Nº AM.	V.MÍN.	V.MÁX.
<b>Físico-Químicos</b>															
Temperatura ( °C )	141	10.0	25.0	108	12	25.0	460	12.0	23.0	78	12.5	24.0	161	13.0	21.0
pH ( escala Sörensen )	142	7.7	8.6	108	7.7	8.5	278	6.9	8.6	78	7.4	8.7	162	6.9	8.3
Condutividade ( µS / cm )	142	112	569	108	116	488	464	113	621	78	133	311	163	116	543
Cloretos ( mg Cl / L )	142	5.4	63.6	108	4.3	58.9	463	6.0	61.4	78	8.9	35.5	163	6.0	62.1
Silica ( mg SiO <sub>2</sub> / L )	141	5.6	11.7	108	5.7	11.8	271	5	43.2	78	5.4	9.2	163	5.6	12
Sulfatos ( mg SO <sub>4</sub> / L )	141	8.7	40.0	108	9.9	43.6	271	8.7	60.3	78	12.1	46.4	161	10.4	53.9
Cálcio ( mg Ca / L )	118	13.1	62.5	93	12.9	48.1	222	13.1	49.2	66	14.5	34.4	145	13.6	59.8
Magnésio ( mg Mg / L )	118	0.9	8.1	93	1.8	7.9	222	1.8	7.5	66	2	6.8	145	1.9	11
Sódio ( mg Na / L )	124	5.8	77.4	99	2.1	82.9	245	2.1	86.7	69	8.7	20.7	145	5.7	105.4
Potássio ( mg K / L )	105	0.8	2.6	93	0.8	2.4	230	0.8	3.6	66	0.9	2.3	145	0.8	2.7
Alumínio ( mg Al / L )	124	0.006	0.078	99	0.007	0.064	245	0.005	0.171	69	0.010	0.118	145	0.007	0.227
Dureza Total ( mg CaCO <sub>3</sub> / L )	141	41.1	180.2	108	41.4	163.4	271	43.0	166.5	78	49.0	119.2	163	45.6	164.4
Sólidos Dissol. Totais ( mg / L )	142	106	407	108	110	349	448	107	445	78	126	239	163	110	389
Oxigénio Dissolvido ( O <sub>2</sub> (% Sat.) )	138	84.7	124.3	108	85.8	123	261	78.7	124.3	76	83.7	119.1	163	86.2	118.5
Anidrido Carbónico ( mg CO <sub>2</sub> / L )	142	0.3	8.0	107	0.2	8.7	260	0.2	7.8	78	0.5	7.5	162	0.4	8.4
Alcalinidade ( mg CaCO <sub>3</sub> / L )	95	35.9	252.0	53	37.3	125.0	206	36.5	236.4	45	42.9	81.3	162	38.2	227.2
<b>Indesejáveis</b>															
Nitratos ( mg NO <sub>3</sub> / L )	142	2.1	6.9	108	1.58	4.43	463	2.00	6.13	78	2.64	5.59	163	0.79	6.63
Nitritos ( mg NO <sub>2</sub> / L )	142	<0.0015	0.015	108	-	<0.0015	463	<0.0015	0.011	78	<0.0015	0.004	163	<0.0015	0.017
Azoto Amoniacal ( mg NH <sub>4</sub> / L )	141	<0.030	0.051	108	<0.030	0.053	463	<0.030	0.191	78	<0.030	0.051	163	<0.030	0.065
Azoto Kjeldahl ( mg N / L )	41	<0.05	0.39	31	<0.05	0.56	56	<0.05	0.35	23	<0.05	0.74	18	<0.05	0.25
Oxidabilidade ( mg O <sub>2</sub> / L )	142	0.14	1.99	108	0.25	2.06	464	0.10	2.27	78	0.12	1.79	163	0.08	2.26
Carbono Org. Total ( mg / L )	42	<0.5	7.5	36	0.9	14.3	70	<0.5	17.5	23	<0.5	4.9	17	2.2	4.0
Sulfuretos ( mg S / L )	44	-	<0.005	36	-	<0.005	57	<0.005	0.005	23	-	<0.005	26	-	<0.005
Ferro ( mg Fe / L )	47	<0.010	0.376	36	<0.010	0.066	72	<0.010	0.235	25	<0.010	0.172	26	<0.010	0.093
Manganês ( mg Mn / L )	12	<0.002	0.01	8	<0.002	0.004	42	<0.002	0.026	6	-	0.012	26	<0.002	0.109
Cobre ( mg Cu / L )	45	<0.002	0.056	36	<0.002	0.006	57	<0.002	0.028	25	<0.002	0.006	26	<0.002	0.013
Zinco ( mg Zn / L )	40	<0.020	0.084	30	<0.020	0.139	47	<0.020	0.158	25	<0.020	0.145	26	<0.020	0.071
Fósforo ( mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / L )	142	<0.0025	0.221	108	<0.0025	0.058	286	<0.0025	0.102	78	<0.0025	0.042	163	<0.0025	0.082
Fluoretos ( mg F / L )	46	0.114	0.303	36	0.105	0.361	57	0.052	0.322	23	0.103	0.22	26	0.104	0.361
Cobalto ( mg Co / L )	12	-	<0.002	8	-	<0.002	19	-	<0.002	6	-	<0.002	26	<0.002	0.008
Sólidos Susp. Totais ( mg / L )	5	-	<3.0	10	-	<3.0	6	-	<3.0	4	-	<3.0	12	<3.0	8.4
Fenóis ( µg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH / L )	11	-	<5.0	8	-	<5.0	18	-	<5.0	4	-	<5.0	26	-	<5.0
Agentes Tensioactivos ( mg / L )	55	-	<0.050	36	-	<0.050	57	<0.050	0.054	23	-	<0.050	26	-	<0.050
Bário ( mg Ba / L )	12	0.015	0.054	8	0.015	0.054	19	<0.010	0.048	6	<0.010	0.021	26	<0.010	0.079
Óleos e Gorduras ( mg / L )	-	-	-	-	-	-	2	-	<0.010	-	-	-	-	-	-
Hidroc. Diss. ( mg / L )	-	-	-	-	-	-	2	-	<0.010	-	-	-	-	-	-
<b>Tóxicos</b>															
Arsénio ( mg As / L )	11	-	<0.0005	8	-	<0.0005	16	-	<0.0005	4	-	<0.0005	22	-	<0.0005
Cádmio ( mg Cd / L )	14	<0.0001	0.0001	8	0.0001	0.0002	17	<0.0001	0.0005	6	-	0.0002	26	<0.0001	0.0008
Cianetos ( mg CN / L )	45	-	<0.05	35	-	<0.05	55	-	<0.05	21	-	<0.05	26	-	<0.05
Crómio ( mg Cr / L )	12	-	<0.002	8	-	<0.002	15	-	<0.002	6	-	<0.002	26	<0.002	0.008
Mercurio ( mg Hg / L )	9	<0.0002	0.0003	7	-	<0.0002	16	<0.0002	0.0003	4	-	<0.0002	22	<0.0002	0.0003
Níquel ( mg Ni / L )	12	<0.005	0.005	8	-	<0.005	19	-	<0.005	6	-	<0.005	26	<0.005	0.012
Chumbo ( mg Pb / L )	47	<0.001	0.007	36	<0.001	0.005	57	<0.001	0.007	25	<0.001	0.009	26	<0.001	0.002
Antimónio ( mg Sb / L )	9	-	<0.002	7	-	<0.002	14	-	<0.002	4	-	<0.002	22	-	<0.002
Selénio ( mg Se / L )	9	-	-	7	-	<0.001	16	-	<0.001	4	-	<0.001	22	-	<0.001
HAP ( µg / L )	66	<0.005	0.012	48	<0.005	0.010	108	<0.005	0.010	36	-	<0.005	96	<0.005	0.040
Pesticidas Organoclorados ( µg / L )	-	-	-	-	-	-	44	-	<0.55	-	-	-	-	-	-
Pesticidas Organofosforados ( µg / L )	-	-	-	-	-	-	24	-	<0.30	-	-	-	-	-	-
PCB's ( µg / L )	-	-	-	-	-	-	12	-	<0.15	-	-	-	-	-	-
THM Total ( µg / L )	131	30.2	118.9	108	4.9	125.2	258	41.9	137.6	72	44.5	141.7	159	5.4	129.2

Contudo, na proposta de Revisão da Directiva Comunitária 80/778/CEE, estes parâmetros, com excepção da temperatura, que foi excluída, passam a estar agrupados com a designação de “parâmetros indicadores”, sendo os valores paramétricos correspondentes aos actuais VMA, à excepção da condutividade em que o valor proposto é de 2 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A razão desta alteração deve-se a que os parâmetros que integram este grupo não constituem por si só preocupação quanto à protecção da saúde pública.

### Quadro 3

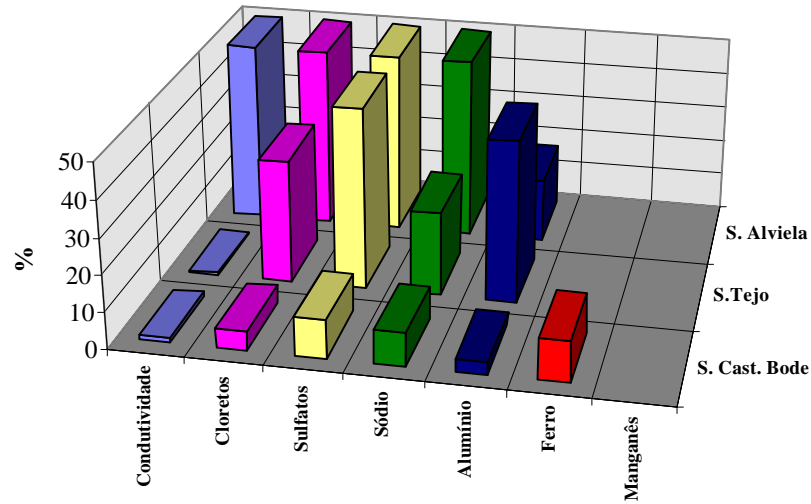
Número de determinações com valores superiores ao VMR, na Adução e Zonas de Abastecimento a Lisboa

Parâmetros	ADUÇÃO			ZONAS ABAST.			VMR
	Nº Am. analis.	Nº Am. >VMR	%	Nº Am. analis.	Nº Am. >VMR	%	
<b>Físico-Químicos</b>							
Temperatura (°C)	472	471	99.8	950	942	99	<b>12</b>
pH (escala Sörensen)	166	-	-	771	5	0.7	<b>6.5-8.5</b>
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	472	117	25	957	43	5	<b>400</b>
Cloretos (mg Cl/L)	472	213	45	956	185	19	<b>25</b>
Sulfatos (mg $\text{SO}_4/\text{L}$ )	169	98	58	764	290	38	<b>25</b>
Sódio (mg Na/L)	164	70	43	680	165	24	<b>20</b>
Alumínio (mg Al/L)	164	36	22	680	107	16	<b>0.05</b>
<b>Indesejáveis</b>							
Azoto Amoniacal (mg $\text{NH}_4/\text{L}$ )	471	2	0.4	956	1	0.1	<b>0.05</b>
Oxidabilidade (mg $\text{O}_2/\text{L}$ )	473	1	0.2	957	-	-	<b>2</b>
Ferro (mg Fe/L)	23	1	4	204	22	11	<b>0.05</b>
Manganês (mg Mn/L)	23	-	-	83	2	2	<b>0.02</b>

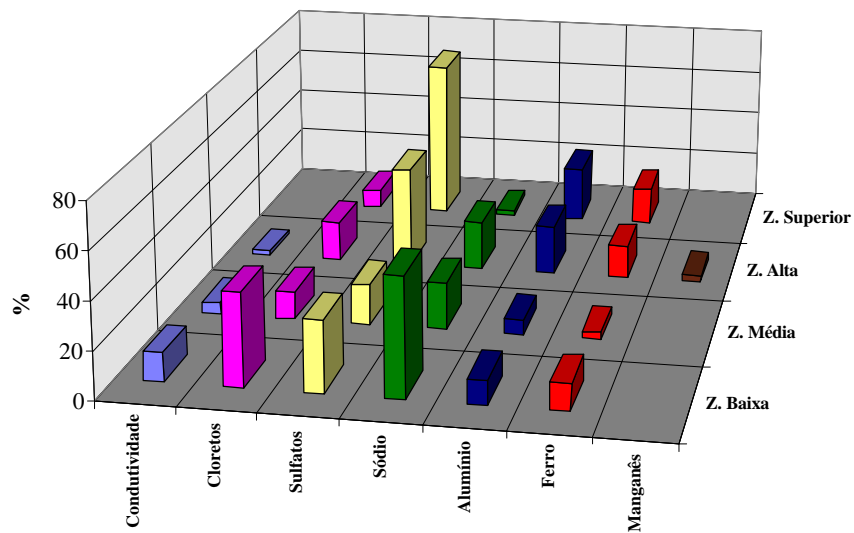
Os valores de temperatura foram, em 99% das situações, superiores ao VMR (12 °C), facto que se atribui às características climáticas da região de Lisboa. Na realidade a temperatura da água na rede de distribuição varia de 10 a 25 °C, sendo o intervalo de variação semelhante nas quatro zonas. O valor mais elevado (25 °C) registou-se em Julho e Setembro. Como já referido este parâmetro não está contemplado na revisão da Directiva Comunitária 80/778/CEE.

Para os parâmetros condutividade, cloretos, sulfatos, sódio e alumínio verifica-se uma redução da percentagem de determinações inferiores ao VMR nas zonas de abastecimento, o que se justifica pelo efeito de diluição das misturas de água dos 3 subsistemas (Figuras 1 e 2). Na zona Superior não se registaram valores de condutividade superiores ao VMR e obtiveram-se as percentagens mais baixas de resultados superiores ao VMR, para os parâmetros cloretos (8%) e sódio (2%); no entanto, encontraram-se as percentagens mais elevadas para o parâmetro sulfatos (69%). Na zona Baixa verificou-se a maior percentagem de valores >VMR para os parâmetros condutividade (12%), cloretos (39%) e de sódio (50%). O parâmetro alumínio apresenta a maior percentagem de valores >VMR nas zonas Alta (21%) e Superior (24%), que se deve a serem mais influenciadas por água de captações superficiais, as quais utilizam sais de alumínio como coagulante, nas suas linhas de tratamento. No respeitante os

valores de azoto amoniacal superiores ao VMR, observados na zona Alta e no subsistema Tejo, surgem apenas em situação esporádica de paragem da Captação de Castelo de Bode, para efeito de manutenção, uma vez que se dá o arranque dos poços de aluviões da bacia Tejo.



**Figura 1 - % Determinações Adução > VMR**



**Figura 2 - % Determinações Zonas Abastecimento > VMR**

## **6.2 - Características físicas e químicas da água nos Subsistemas Alviela, Castelo de Bode e Tejo**

Como atrás referido, a água aduzida a Lisboa através dos subsistemas de Alviela, Castelo de Bode e Tejo é dirigida para três reservatórios independentes (respectivamente Barbadinhos, Olivais e Telheiras), a partir dos quais entra directamente na rede de distribuição e é elevada para outros reservatórios de distribuição. A caracterização da água nos três subsistemas fez-se com base nos resultados obtidos nos pontos de amostragem localizados antes dos reservatórios de chegada.

### **Subsistema Alviela**

A água aduzida neste subsistema é proveniente dos Olhos de Água e dos poços de Ota e de Alenquer, que, relativamente a dados de 1997, se caracteriza por ser mineralizada (358-541  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), muito dura (229.1-349.0 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ) e fracamente cloretada (11.1-38.8 mg  $\text{Cl}/\text{l}$ ) e sulfatada (5.9-27.5 mg  $\text{SO}_4/\text{l}$ ). Recebe ainda água dos poços das Lezírias que é muito mineralizada (601-794  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), medianamente dura (57.8-81.9 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ), cloretada (78.1-120.5 mg  $\text{Cl}/\text{l}$ ) e sulfatada (48.4-82.7 mg  $\text{SO}_4/\text{l}$ ) [CAVACO e BENOLIEL (1997)].

A água aduzida pelo Subsistema Alviela, durante o ano em análise, caracteriza-se por registar todos meses os valores mais elevados de, alcalinidade (97.4-251.2 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ), cálcio (20.8-61.8 mg  $\text{Ca}/\text{l}$ ), dureza total (80.5-201.1 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ), sódio (25.0-89.7 mg  $\text{Na}/\text{l}$ ) e ortofosfatos (<0.0125-0.099 mg  $\text{PO}_4/\text{l}$ ). Os valores da condutividade (171-594  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e de cloretos (14.4-71.3 mg  $\text{Cl}/\text{l}$ ) apresentam também os valores mais elevados, exceptuando as situações em que estão em funcionamento os poços dos aluviões da bacia do Tejo, reflectindo-se na obtenção de valores máximos no subsistema Tejo. O valor mais baixo de condutividade (171  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), correspondeu a uma situação de exploração, em que o volume de água captada nos poços das Lezírias e transportada para este aqueduto, sofreu, na data de amostragem, uma redução de cerca de 25%. Nesta mesma data registou-se também, como seria de esperar, a redução dos teores em cloretos (14.4 mg/l). Os teores em nitratos apresentaram o valor máximo na água aduzida pelo subsistema Alviela, em Outubro (12.7 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ ), em consequência de um aumento de 20 % da água captada da nascente de Olhos de Água.

A água aduzida por este subsistema tem características ligeiramente incrustantes à entrada em Lisboa, o que é possível constatar através do potencial de precipitação da água, cerca de 1 a 5 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ , calculado a partir dos resultados de pH, alcalinidade e cálcio, com base no diagrama de Cadwell-Lawrence (SANKS, 1978). É de salientar que por razões de protecção das tubagens de abastecimento de água e de saúde pública, o valor recomendável do potencial de precipitação deverá situar-se entre 4 e 10 mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ , por forma a garantir um teor em carbonato de cálcio na rede de distribuição que proteja uma possível corrosão das tubagens (SANKS, 1978).

### **Subsistema de Castelo de Bode**

A água aduzida por este subsistema é maioritariamente proveniente da Albufeira do Castelo do Bode, que, relativamente a dados físicos e químicos obtidos durante 1997, à cota de captação, se insere na Classe A1 nos termos do Anexo II - Decreto Lei N.º 74/90, excepção feita ao oxigénio dissolvido. Recebe ainda água dos poços das Lezírias, cujas características mais significativas se apresentaram anteriormente.

Neste subsistema é importante a influência da qualidade da água dos poços das Lezírias, havendo um aumento significativo dos valores máximos de condutividade, cloretos, sulfatos e sódio relativamente à água superficial tratada. De qualquer modo, é o subsistema que regista, à entrada de Lisboa, em todos os meses as concentrações mais baixas, assim como, a menor gama de variação anual para todos os parâmetros. A água aduzida a Lisboa apresenta variações do potencial de precipitação entre - 5 e 5 mg CaCO<sub>3</sub>/l, valores que estão de acordo com os obtidos na água tratada da Asseiceira.

### **Subsistema Tejo**

Como se referiu, o subsistema Tejo recebe, em regime normal de exploração, a água tratada na ETA do Vale da Pedra, Valada I e dos poços de Ota e Alenquer. A água do rio Tejo, no local de captação da EPAL, com base em resultados físicos e químicos obtidos em 1997, insere-se na classe A1, nos termos do Anexo II-Dec-Lei 74/90, à excepção dos parâmetros sólidos suspensos totais (72 mg/l), fosfatos (0.45 mg PO<sub>4</sub>/l) e ferro (0.414 mg Fe/l) que registaram resultados que se inserem na Classe A2.

O subsistema Tejo caracteriza-se por registar a maioria dos meses, as concentrações mais elevadas de sulfatos e de alumínio. Sempre que arrancam os poços dos aluviões da Bacia do Tejo (Valada I, Valada II, Valada III, Espadanal, Quinta do Campo e Carregado) este subsistema regista os valores mais elevados de condutividade (603 µS/cm), cloretos (79.3 mg/l), azoto amoniacal (0.4 mg NH<sub>4</sub>/l), ferro (0.125 mg Fe/l) e sódio (83.2 mg Na/l). A água do subsistema Tejo caracteriza-se por ser agressiva, tendo em atenção o potencial de precipitação que varia entre -17 e -4 mg CaCO<sub>3</sub>/l.

### **6.3 - Variação de características físicas e químicas durante a distribuição**

As zonas de abastecimento recebem água directamente dos reservatórios de chegada ou dos reservatórios de reserva/regulação, os quais podem receber água proveniente de diferentes subsistemas. Assim, em todas as zonas, as características da água podem apresentar variações significativas, consoante a localização dos pontos de amostragem e datas de colheita, dependentes da exploração do sistema.

Na zona superior registaram-se os menores valores máximos e a menor gama de variação dos resultados, o que é indicativo da influência do subsistema de Castelo de Bode, com mistura de água proveniente de outros subsistemas. Nas zonas Baixa, Média e Alta existem pontos de amostragem em que se observa a influência directa da água proveniente dos subsistemas Alviela e Castelo de Bode, assim como pontos com mistura de água, razão pela qual é elevada a gama de variação dos resultados. Na zona Baixa observaram-se os valores máximos de alcalinidade, dureza total, cálcio, cloretos, ortofosfatos, ferro e cobre, enquanto que na Zona Alta registaram-se os valores máximos de condutividade, sílica, sulfatos, sódio, potássio e alumínio.

Comparando os valores máximos anuais registados na água aduzida através dos subsistemas e nas quatro zonas da rede de distribuição, pode-se considerar que as concentrações dos parâmetros a seguir descritos não sofreram variação significativa:

- Parâmetros físico-químicos- alcalinidade, condutividade, cloretos, sulfatos, dureza total, cálcio, sódio, alumínio, oxigénio dissolvido, magnésio, potássio, sólidos dissolvidos totais na rede de distribuição foram da mesma ordem de grandeza dos teores registados nas entradas.
- Substâncias indesejáveis- nitratos, nitritos, azoto amoniacal, oxidabilidade, fluoretos, na rede de distribuição foram da mesma ordem de grandeza dos teores registados nas entradas.
- Parâmetros Tóxicos- Todos os parâmetros tóxicos, como se afirmou anteriormente, por serem inferiores ao limite de quantificação. Os trihalometanos não apresentam também variações significativas.

Os parâmetros que registaram um aumento dos seus valores máximos na rede de distribuição, relativamente à água aduzida, são: temperatura, pH, anidrido carbónico livre, ortofosfatos, sílica, carbono orgânico total, cobre, ferro, manganês, zinco e chumbo.

O aumento dos teores em sílica, cobre, ferro, manganês e chumbo pode atribuir-se à influência de materiais de tubagens e acessórios. Os valores máximos de chumbo registados nas Zonas da Rede de Distribuição (7 a 9 ppb) foram superiores aos registados nos pontos da água aduzida a Lisboa, o que se pode justificar por ainda existirem alguns ramais em chumbo nas zonas da cidade com mais de 50 anos. Estes valores são de qualquer das formas inferiores ao VMA (10 ppb) proposto na revisão da Directiva 80/778/CEE.

## CONCLUSÕES

Todos os parâmetros que integram esta comunicação apresentaram durante 1997, valores inferiores aos Valores Máximos Admissíveis (VMA), estabelecidos no Dec-Lei 74/90. Os valores do parâmetro THMs foram inferiores ao valor paramétrico estabelecido na última versão da proposta de revisão da Directiva 80/778/EEC (150 µg/l). As substâncias tóxicas apresentam valores inferiores ou da mesma ordem de grandeza dos limites de quantificação dos métodos.

Os parâmetros temperatura, pH, condutividade, cloretos, sulfatos, sódio, alumínio, oxidabilidade, azoto amoniacal, ferro e manganês registaram, durante 1997, valores superiores aos Valores Máximos Recomendáveis (VMR) estabelecidos no Anexo IX do Dec-Lei 74/90. Assim, de um total de 11 027 determinações relativas a estes parâmetros, 25% de resultados dos parâmetros físico-químicos e 0.3% de substâncias indesejáveis foram superiores aos VMR.

A água distribuída pelo Subsistema de Castelo de Bode, apresentou os valores mais baixos para todos os parâmetros, o que se deve à qualidade da água da albufeira de Castelo de Bode, sendo no entanto evidente a influência da água proveniente das Lezírias.

Em situações normais de exploração, a água do Subsistema do Alviela caracteriza-se pelos valores mais elevados em alcalinidade, dureza total, cálcio, condutividade, cloretos, sílica e sódio. A redução do volume de água, em pelo menos 25 %, proveniente dos poços das Lezírias reflecte-se na redução significativa da condutividade e cloretos; por sua vez um aumento do volume de água captada da nascente de Olhos de Água (cerca de 20%), quando esta apresenta concentrações elevadas em nitratos resulta no aumento significativo deste parâmetro na água aduzida a Lisboa.

A água do subsistema Tejo caracteriza-se, em situações usuais de exploração, pelos teores mais elevados em sulfatos e alumínio. Sempre que entram em funcionamento os poços dos aluviões da bacia do Tejo regista-se um agravamento da qualidade da água aduzida, através do aumento dos valores de condutividade, cloretos, sódio, azoto amoniacal e ferro.

Nas zonas Baixa, Média e Alta existem pontos de amostragem em que se observa a influência directa da água proveniente dos subsistemas Alviela e Castelo de Bode, assim como locais que apresentam resultados indicativos de mistura de água. Na zona superior registaram-se os menores valores máximos e a menor gama de variação dos resultados, o que é indicativo da influência do subsistema de Castelo de Bode, com mistura de água proveniente de outros subsistemas.

Através da comparação dos resultados obtidos nas entradas de Lisboa e nas diferentes zonas de distribuição é possível seleccionar características físico-químicas da água que podem ser utilizadas como descritores da qualidade da água fornecida pelos 3 subsistemas, com o objectivo de, a partir dos movimentos de água diários, se prevenir eventuais alterações de qualidade nos diferentes pontos da rede. Considerando que estes parâmetros não devem sofrer a influência dos materiais da rede, são seleccionados em regime normal de exploração do sistema, os seguintes parâmetros: condutividade, alcalinidade, dureza total, cálcio, cloretos, sulfatos.

A complexidade do sistema de abastecimento torna imprescindível o recurso ao desenvolvimento de módulos de qualidade, a partir do modelo matemático PICCOLO da rede da EPAL (SERENO, 1996), após o que se poderá então prever, com assinalável margem de segurança, as características da água circulante na rede de Lisboa a partir dos dados obtidos nos adutores à entrada da cidade.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho só foi possível de realizar graças à qualidade do trabalho desenvolvido pelos técnicos do Serviço, directamente ligados à execução das análises e ao tratamento estatístico dos dados.

## **BIBLIOGRAFIA**

APHA, AWWA, WPCF, 1995- *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th, Washington (USA), 1975.

BARROS, M.M.- “Gestão da Qualidade da Água em Sistemas de Abastecimento”, in *Anais do Seminário Qualidade de Sistemas de Abastecimento*. Lisboa (Portugal), 24-26 Nov., 1997, pp.8.1-8.12

CAVACO, M.A.; BENOLIEL, M.J. - “Qualidade Físico-Química das Águas Subterrâneas utilizadas pela EPAL”, in *Anais do Seminário Qualidade de Sistemas de Abastecimento*, Lisboa (Portugal), 24-26 Nov., 1997.

DECRETO LEI nº 74/90 de 7 de Março de 1990.

EPAL (Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A.,) - “Indicadores Globais”, Lisboa 1997.

FERREIRA, J.M.S.; LOURENÇO, J.G.; GOMES, C.J.V. “Sistema Adutor da EPAL sua evolução. Condições de exploração actuais “ in *Anais do 3º Congresso da Água, VII SILUBESA*, Lisboa, (Portugal), 25-29 Março, 1996.

OLIVEIRA, A.J.G., “Relatório Interno”, EPAL 1994.

OMS (Organização Mundial da Saúde) - “*Guidelines for Drinking Water Quality*”, 2d ed., Genève (Suisse), 1994.

SANKS, R.L.- *Water Treatment Plant Design for the Practicing Engineer*. Boston (United States of America), Butterworth-Heinemann, 1978.

SERENO, J.J.N. - “Exploração do Sistema de Abastecimento da EPAL”, in *Anais do 3º Congresso da Água, VII SILUBESA*, Lisboa, (Portugal), 25-29 Março, 1996.

UNIÃO EUROPEIA, Dossier Interinstitucional nº 95/0010(SYN), Bruxelas, Dezembro de 1997.