



MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia

INSTITUTO TECNOLÓGICO E NUCLEAR

---

Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear

Relatório DPRSN-A, nº 22

**Controlo da Radioactividade na Água para  
Abastecimento Público**

Fernando Carvalho, Maria José Madruga, Graciete Ferrador, Irene Lopes, Manuela Sequeira, Vítor Silvino

*Apresentado no "10º Encontro Nacional de Saneamento Básico/I Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade do Minho, Braga, 16-19 de Setembro 2002"*

26 de Novembro de 2002

---

---

## Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear

Director: Fernando Piedade Carvalho  
Endereço: Estrada Nacional 10, 2686-953 Sacavém, Portugal  
Telefone: +351 - 21 9946000  
Fax: +351 - 21 9941995  
e-mail: Dprsn@itn.pt  
Pág. web <http://www.itn.pt>

### Ficha Técnica

Título	Controlo da Radioactividade na Água para Abastecimento Público
Autoria	Fernando Carvalho, Maria José Madruga, Graciete Ferrador, Irene Lopes, Manuela Sequeira, Vitor Silvino
Edição	Instituto Tecnológico e Nuclear Dep. Protecção Radiológica e Segurança Nuclear
Tiragem	50 exemplares
ISBN	972-8660-23-5
Depósito Legal	188454/02
Data da Edição	26 de Novembro de 2002
Responsável pela edição	M <sup>a</sup> Luísa Pedro

---

# Controlo da Radioactividade na Água para Abastecimento Público

*Fernando P. Carvalho, Maria José Madruga, Graciete Ferrador, Irene Lopes,  
M. Manuela Sequeira, Vitor Silvino*

Instituto Tecnológico e Nuclear, Departamento de Protecção Radiológica e Segurança Nuclear  
Estrada Nacional 10, Apartado 21, 2686-953 Sacavém, Portugal

## Resumo

A água para consumo humano, e em particular a água das redes de abastecimento público, é vulnerável à contaminação por substâncias prejudiciais à saúde pública, incluindo elementos radioactivos. Assegurar a qualidade da água para consumo humano é o objectivo das medidas preconizadas pela Directiva da União Europeia 98/83, transpostas pelo Decreto-Lei 243/2001 de 5 de Setembro. Entre essas medidas incluem-se o controlo periódico da radioactividade alfa total, da radioactividade beta total, do trítio ( $^3\text{H}$ ) e da dose indicativa total (dose devida à radiação ionizante dos radionuclidos ingeridos na água de consumo). O referido Decreto-Lei estabelece os limites máximos de referência que não devem ser excedidos nas águas de consumo humano. Todas as águas, superficiais ou de profundidade, têm radioactividade. A radioactividade de origem natural resulta sobretudo da presença dos radionuclidos das famílias do urânio e do tório e, ainda, do potássio-40. Estes radionuclidos fazem parte da crosta terrestre, mas a sua distribuição não é homogénea existindo águas francamente radioactivas. No ambiente existem, também, radionuclidos de origem artificial, com origem na utilização da energia nuclear, na extracção do urânio e nas aplicações de radioisótopos na medicina e na indústria. Por exemplo, no Rio Tejo é hoje detectável em Vila Velha de Rodão a presença de  $^3\text{H}$ , em concentrações de cerca de 10 Bq/L, que tem origem nas centrais nucleares ibéricas situadas além-fronteira. A análise periódica da radioactividade nas águas de consumo é, pois, da maior importância para assegurar a qualidade do produto distribuído aos consumidores. Algumas redes de distribuição de água já procedem a este controlo, mas este não é ainda o caso da maioria das redes em Portugal. Este trabalho descreve os conceitos e os valores máximos de radioactividade recomendados na Lei, descreve as técnicas analíticas empregues neste domínio, e apresenta alguns resultados de análises de radioactividade em águas de Portugal.

**Palavras chave:** *radioactividade, águas de consumo, controlo de qualidade*

## Abstract

Water for human consumption, especially water from public water supplies, is vulnerable to contaminations by harmful substances including radioactive materials. The European Union Directive 98/83, transposed to the Portuguese legislation in the Decree-Law 243/2001 of September 5<sup>th</sup>, aim at ensuring the quality of water for consumption. Amongst the measures adopted, it is foreseen the periodic monitoring of alpha and beta radioactivity, tritium ( $^3\text{H}$ ) and the total indicative dose. The above-mentioned Decree-Law sets up the maximum reference value that shall not be exceeded in water. All waters, including surface and underground waters, contain radioactivity. The radioactivity of natural origin is due to radionuclides from the uranium and thorium series and potassium-40. The radionuclides are constituents of the earth crust, but their distribution is not homogeneous and high radioactive waters do exist. In the environment exist also man-made radionuclides originated in nuclear power, uranium extraction and peaceful applications of radioisotopes in medicine and industry. For example, in the water of river Tagus we measure in Vila Velha de Ródão tritium in concentrations of about 10 Bq/L, originating in nuclear power plants located across the border. The periodic analysis of radioactivity in the water for human consumption is, therefore, of the utmost importance to ensure the water quality. Several water distribution networks do perform this monitoring already, but this is not the general case yet. This report describes the concepts and the maximum values of radioactivity set up in the legislation as well as results of analyses of waters from public supplies.

**Key words:** *radioactivity, water for human consumption, quality control*

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso limitado e muito vulnerável à contaminação por inúmeras substâncias de origem antrópica. A sua conservação e protecção é, pois, uma prioridade e, neste sentido, diversas medidas foram preconizadas pela Directiva 98/83 da União Europeia e transpostas pelo Decreto-Lei 243/2001 de 5 de Setembro.

O Decreto-Lei 243/2001 estabelece a obrigatoriedade de se proceder à análise de radioactividade na água para consumo humano distribuída por redes de abastecimento. A frequência das análises é, também estabelecida, cabendo às entidades distribuidoras a responsabilidade de mandar efectuar as análises e demonstrar a qualidade da água. O referido diploma legal estabelece ainda que os parâmetros radiológicos a controlar periodicamente são a radioactividade alfa total, a radioactividade beta total, o trítio ( $^3\text{H}$ ) e a dose indicativa total resultante da ingestão dos radionuclidos contidos na água.

É, pois, útil explicitar os conceitos relativos aos parâmetros radiológicos para facilitar aos gestores e distribuidores de água de consumo a realização deste controlo. A título indicativo, apresentamos aqui alguns valores de radioactividade medidos em águas de redes de distribuição em Portugal.

## 2. ORIGENS DA RADIOACTIVIDADE DA ÁGUA

A radioactividade presente no nosso planeta tem origem natural e artificial. A radioactividade natural é devida aos radionuclidos das séries do Urânio, do Tório e do Actínio e, ainda, a radionuclidos como o Potássio-40 ( $^{40}\text{K}$ ) e o Carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ). Estes radionuclidos estão presentes na crosta terrestre e dissolvem-se nas águas superficiais e profundas. Algumas águas profundas podem ser excepcionalmente radioactivas. Nestes casos é comum apresentarem concentrações elevadas de Radão ( $^{222}\text{Rn}$ ), de Rádio ( $^{226}\text{Ra}$ ) ou, ainda, de Urânio (U) e de Polónio ( $^{210}\text{Po}$ ) (Carvalho et al., 1999).

Outros radionuclidos foram distribuídos na bio-geo-esfera com os testes de bombas atómicas e a produção de energia eléctrica por via nuclear. É o caso de radionuclidos como o Césio-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ), o Trítio ( $^3\text{H}$ ), o Cobalto-60 ( $^{60}\text{Co}$ ), o Plutónio ( $^{239+240}\text{Pu}$ ), entre outros. Podem contaminar águas superficiais e águas subterrâneas. Há diversas regiões em que as águas de circulação profunda têm traços de  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{239+240}\text{Pu}$  das explosões nucleares (Eisenbud and Gesell, 1997).

Os rios, albufeiras e lagos são recipientes de radionuclidos libertados por centrais nucleares, especialmente no caso de acidentes graves. Certas actividades industriais, como por exemplo a extracção de Urânio, a produção de ácido fosfórico e de adubos fosfatados, e a

reciclagem de metais em siderurgias podem ocasionar contaminações radioactivas das reservas de água.

Da variedade das possíveis fontes de contaminação radioactiva resulta a necessidade de assegurar o controlo da qualidade radiológica das águas de consumo.

### **3. PARÂMETROS RADIOLÓGICOS A CONTROLAR**

Para o controlo de rotina, os parâmetros radiológicos seleccionados foram a radioactividade alfa total, beta total e trítio. O fundamento para esta escolha resulta da constatação que a presença anormal de radionuclidos de origem natural (ou concentrações anormalmente elevadas de radionuclidos das séries naturais eventualmente causadas por uma actividade industrial) serão detectados se a actividade alfa total exceder 0,1 Bq/L ou a actividade beta total exceder 1 Bq/L. Se tal suceder, deverão ser efectuadas análises radioquímicas específicas para identificar o(s) radionuclido(s) presente(s) e aconselhar as medidas a tomar.

A detecção de Trítio ( $^3\text{H}$ ) na água será indicadora da presença de radionuclidos de origem artificial, já que o  $^3\text{H}$  é um dos radionuclidos mais abundantes nos efluentes gasosos e líquidos das centrais nucleares. Excedido o limite recomendado, 50 Bq/L, deverão ser feitas análises mais específicas para pesquisar a presença de outros radionuclidos antropogénicos.

A dose indicativa total, fixada em 0,10 mSv/ano, corresponde à dose máxima que não deve ser excedida devido ao consumo da água. Esta dose corresponde à dose individual que receberá um elemento do público que consuma água com actividade alfa e beta totais nos limites máximos recomendados.

### **4. MÉTODOS DE ANÁLISE**

A radioactividade alfa e beta totais em águas podem ser analisadas por dois métodos: medição da radioactividade num precipitado dos sais dissolvidos ou medição directa da radioactividade emitida pela amostra líquida.

A radioactividade alfa total determinada num precipitado dos sais dissolvidos é descrita na NP 4332 (1996). O método consiste na evaporação de um volume adequado de água acidificada até 50 ml, precipitação dos sulfatos e sua calcinação a 350° C. O resíduo é transferido para um porta-amostras, obedecendo a preparação a certas normas, e a radioactividade alfa é determinada com detectores cintiladores de ZnS, previamente calibrados com fontes de  $^{241}\text{Am}$ .

A determinação da radioactividade beta total num precipitado é a indicada pela NP 4330 (1996). Essencialmente o método consiste na evaporação de um volume adequado de água, acidificada, até 50 ml, seguida da precipitação dos sulfatos e a sua calcinação a 350° C. O

resíduo é transferido para um porta-amostras de alumínio e a radioactividade beta é determinada num contador proporcional, de fluxo gasoso, previamente calibrado com fontes de  $^{40}\text{K}$ .

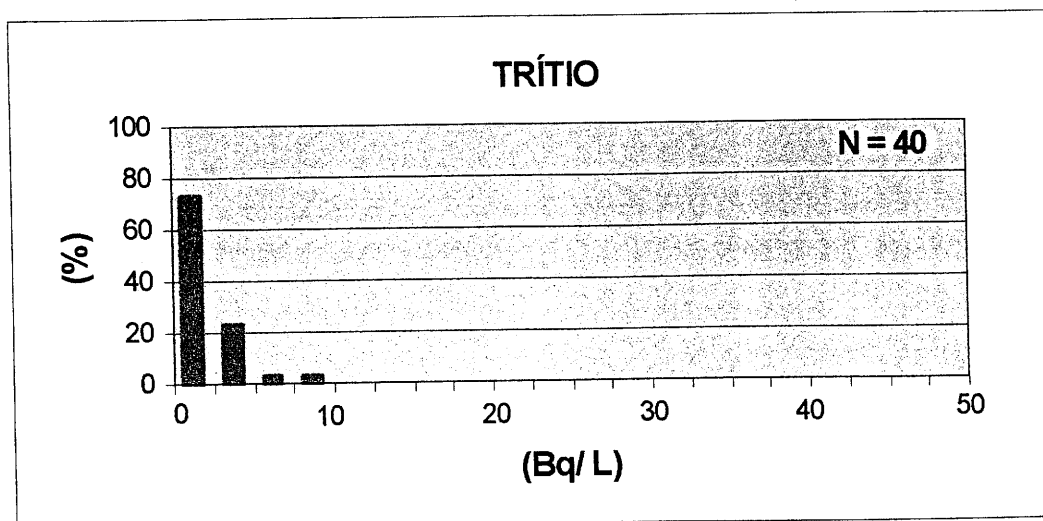
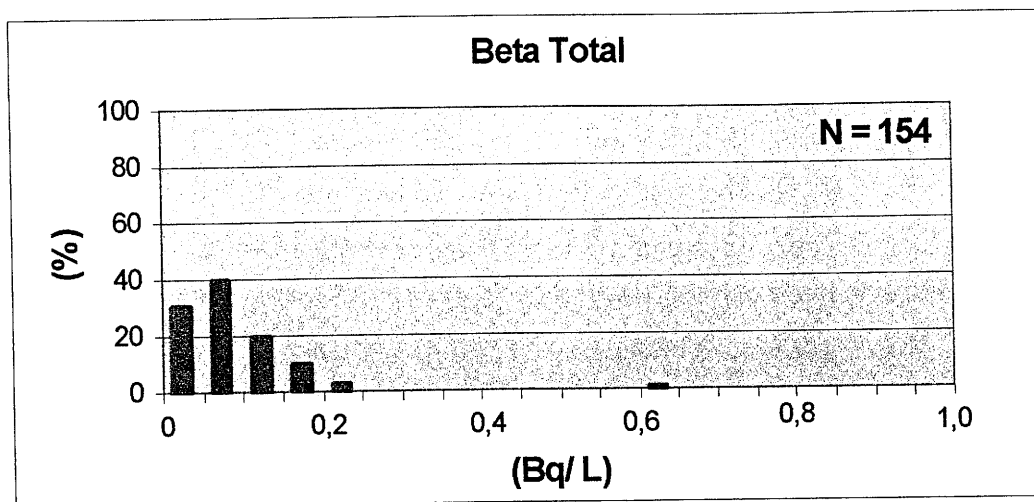
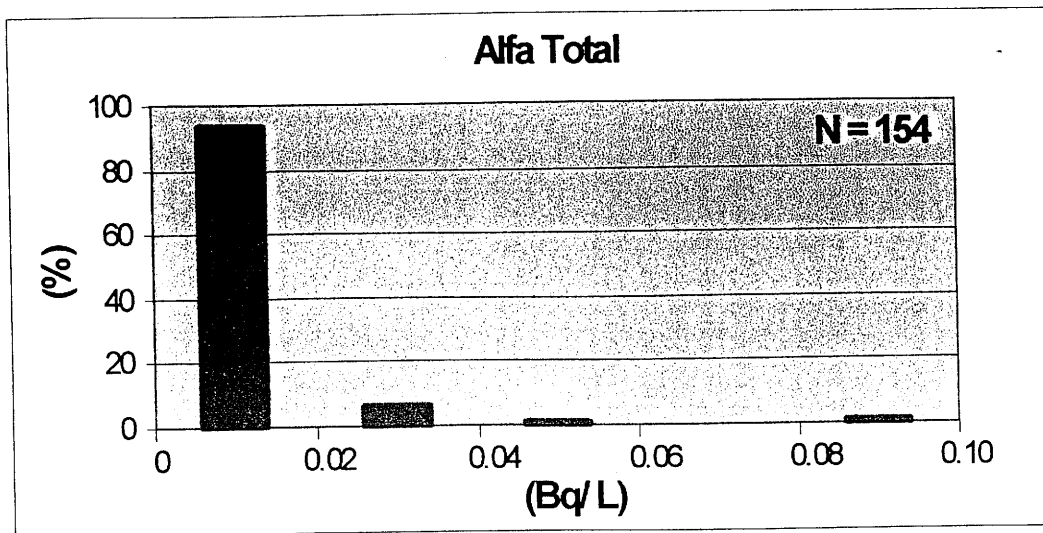
A determinação directa da radioactividade alfa e beta directamente numa mesma amostra de água é também possível por uma técnica mais recente. A técnica de preparação da amostra consiste na concentração de 1000 ml de água por evaporação, após acidificação com HCl, até um volume final de 50 ml. Uma alíquota de 10 ml é depois retirada e adicionada a 10 ml de "cocktail de cintilação" num frasco de vidro de cintilação líquida. A amostra é medida num Espectrómetro de Cintilação Líquida (Tri-Carb 3170, Packard) de ultra-baixo fundo e com discriminação dos impulsos devidos a partículas alfa e beta. A eficiência de contagem é determinada por medida de soluções padrão alfa ( $^{241}\text{Am}$ ) e beta ( $^{90}\text{Sr}$ ) de diferentes actividades, preparadas nas mesmas condições das amostras.

A determinação do Trítio ( $^3\text{H}$ ) é descrita na NP 4362 (1997). Sucintamente, a amostra de água é destilada para eliminar a matéria orgânica dissolvida, submetida a electrólise para se obter um enriquecimento isotópico do  $^3\text{H}$  e, posteriormente, destilada. Uma alíquota desta água é, então, medida por espectroscopia de cintilação líquida.

Todos os procedimentos são calibrados e periodicamente testados através da participação em exercícios internacionais de comparações interlaboratoriais organizados pela Agência Internacional de Energia Atómica e pela Organização Mundial de Saúde.

## 5. RESULTADOS DE ANÁLISES DE ÁGUAS DE CONSUMO

O DPRSN tem procedido a análises destes parâmetros em amostras de águas de várias redes de distribuição do País, recolhidas ora de forma sistemática, ora de forma aleatória. Uma parte destes resultados estão compilados na Figura 1. Pode constatar-se que a generalidade das águas analisadas têm radioactividade alfa total muito inferior a 0,1 Bq/L, e radioactividade beta total muito inferior a 1 Bq/L. A generalidade das águas de consumo têm trítio em concentrações muito abaixo do limite de 50 Bq/L. Menciona-se para comparação que há águas superficiais, como no Tejo, em V. Velha de Rodão, em que, o Trítio por vezes excede 10 Bq/L. Este trítio é proveniente de centrais nucleares situadas além fronteira.



**Figura 1** - Histogramas de frequência da actividade alfa total, beta total e trítio em águas para o consumo humano, distribuídas por várias redes de abastecimento público. N = numero de amostras analisadas. Análises efectuadas em 2001 e 2002.

## 6. CONCLUSÕES

Dado a vulnerabilidade da água à contaminação por substâncias radioactivas, o controlo dos parâmetros radiológicos deve ser posto em prática em todas as redes de distribuição de água para consumo humano.

A qualidade das águas portuguesas, ou pelo menos das águas analisadas até ao momento, está em conformidade com os critérios de qualidade radiológica estabelecidos pela União Europeia e em vigor em Portugal.

## REFERÊNCIAS

- Carvalho, F.P., Oliveira, J.M., Alberto, G. (1999). Radioactividade de origem telúrica na bacia hidrográfica do Zêzere e Tejo. Apresentado na 6ª Conf. Nac. Sobre a Qualidade do Ambiente, Outubro 1999, Lisboa. Relatório DPRSN-A, N°9.
- Eisenbud, M. and Gesell, T. (1997). Environmental Radioactivity. 4<sup>th</sup> Edition. Academic Press.
- NP 4330 (1996). Qualidade da água. Medida de actividade beta total em águas não salinas. Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade, Setembro 1996.
- NP 4332 (1996). Qualidade da água. Medição da actividade alfa total em águas não salinas. Método por fonte concentrada. Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade, Janeiro de 1997.
- NP 4362 (1997). Determinação da concentração da Actividade do Trítio. Método de Contagem por Cintilação Líquida. Norma Portuguesa, Instituto Português da Qualidade, Setembro 1997.