



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## QUALIDADE DOS SOLOS, DAS ÁGUAS E DAS ESPÉCIES HORTÍCOLAS EM HORTAS URBANAS DE LISBOA

Teresa E. LEITÃO<sup>1</sup>, Maria do Rosário CAMEIRA<sup>2</sup>, Hugo D. COSTA<sup>3</sup>, João Miguel PACHECO<sup>4</sup>, Maria José HENRIQUES<sup>5</sup>, Luísa Louro MARTINS<sup>6</sup> e Miguel P. MOURATO<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Investigadora Principal com Habilitação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Portugal, [tleitao@lnec.pt](mailto:tleitao@lnec.pt)

<sup>2,6 e 7</sup> Professor, Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, LEAF, Portugal, [roscameira@isa.ulisboa.pt](mailto:roscameira@isa.ulisboa.pt),  
[mmourato@isa.ulisboa.pt](mailto:mmourato@isa.ulisboa.pt), [luisalouro@isa.ulisboa.pt](mailto:luisalouro@isa.ulisboa.pt)

<sup>5</sup> Técnica Superior, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Portugal, [mjhenriques@lnec.pt](mailto:mjhenriques@lnec.pt)

<sup>3 e 4</sup> Ex aluno de Mestrado, Universidade de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Portugal, [hugotdcosta@gmail.com](mailto:hugotdcosta@gmail.com),  
[joao.apacheco@hotmail.com](mailto:joao.apacheco@hotmail.com)

### Resumo

A segurança alimentar das espécies hortícolas produzidas em ambiente urbano tem vindo a ser questionada devido à sua proximidade a um conjunto de pressões da cidade incluindo vias de circulação automóvel, corredores de aviões, postos de abastecimento de combustíveis e áreas industriais, bem como à potencial utilização de solos urbanos/industriais contaminados por atividades passadas, entre diversos outros fatores ligados à poluição atmosférica e à sua deposição nos solos das cidades.

Por outro lado, as práticas agronómicas e de gestão do espaço hortícola podem conduzir a potenciais entradas de materiais artificiais nocivos, tais como produtos químicos de fertilizantes e de pesticidas utilizados na agricultura, bem como objetos domésticos (p.e. para as vedações, incluindo materiais com tintas ou asbestos). Estes produtos podem ser uma fonte adicional de contaminação dos solos, da água e dos alimentos, sendo potencialmente nocivos para o ser humano e outras espécies. Além disso, a concentração de determinados elementos nos solos pode ser elevada, dependendo da composição química da rocha-mãe que lhes deu origem (Kabata-Pendias, 2001).

Neste contexto, a Câmara Municipal de Lisboa, com base na decisão de abrir, em parceria com o LNEC, um novo parque hortícola numa área potencialmente sensível devido à sua proximidade com o aeroporto, decidiu promover um protocolo para estudar esta situação com a colaboração da Freguesia de Alvalade e, neste âmbito, ampliar esta cooperação a outros parques hortícolas na cidade.

Apresentam-se os resultados do estudo (Leitão *et al.*, 2016) da avaliação ambiental da qualidade dos solos, das águas intersticiais (zona vadosa) e das espécies vegetais no contexto de um conjunto de seis hortas urbanas em Lisboa, correlacionando-os com a qualidade da água de rega, práticas agrícolas e com as pressões da cidade, na perspetiva de analisar a sua sustentabilidade ambiental e eventuais riscos para a saúde pública.

**Palavras-chave:** Hortas urbanas de Lisboa; pressões; qualidade; solo; água; vegetais.

**Tema:** Gestão integrada da água, do território e das cidades.

## 1. ÁREAS DE ESTUDO

### 1.1 Locais e critérios de seleção

As parcelas estudadas localizam-se no LNEC; Centro Hospitalar Psiquiátrico de Lisboa (CHPL); Quinta da Granja (QG, ou apenas Granja); Parque Hortícola da Granja (PHG, ou Granja Nova); Parque Hortícola do Vale de Chelas (PHVC, ou Chelas) e CRIL. Os critérios para a sua seleção incluíram solos com diferentes origens geológica, e portanto diferentes permeabilidades e características físico-químicas favoráveis à retenção e biodegradação de contaminantes, bem como áreas sujeitas a diferentes pressões urbanas.

A Figura 1 apresenta um mapa com a localização das áreas de estudo em Lisboa, onde se assinalam os locais de amostragem (amostras de águas da deposição atmosférica, de solos e de águas intersticiais). Na figura observa-se a delimitação de uma área com 1 km de raio em torno de cada ponto de amostragem, onde foi feito um levantamento detalhado da ocupação do solo.

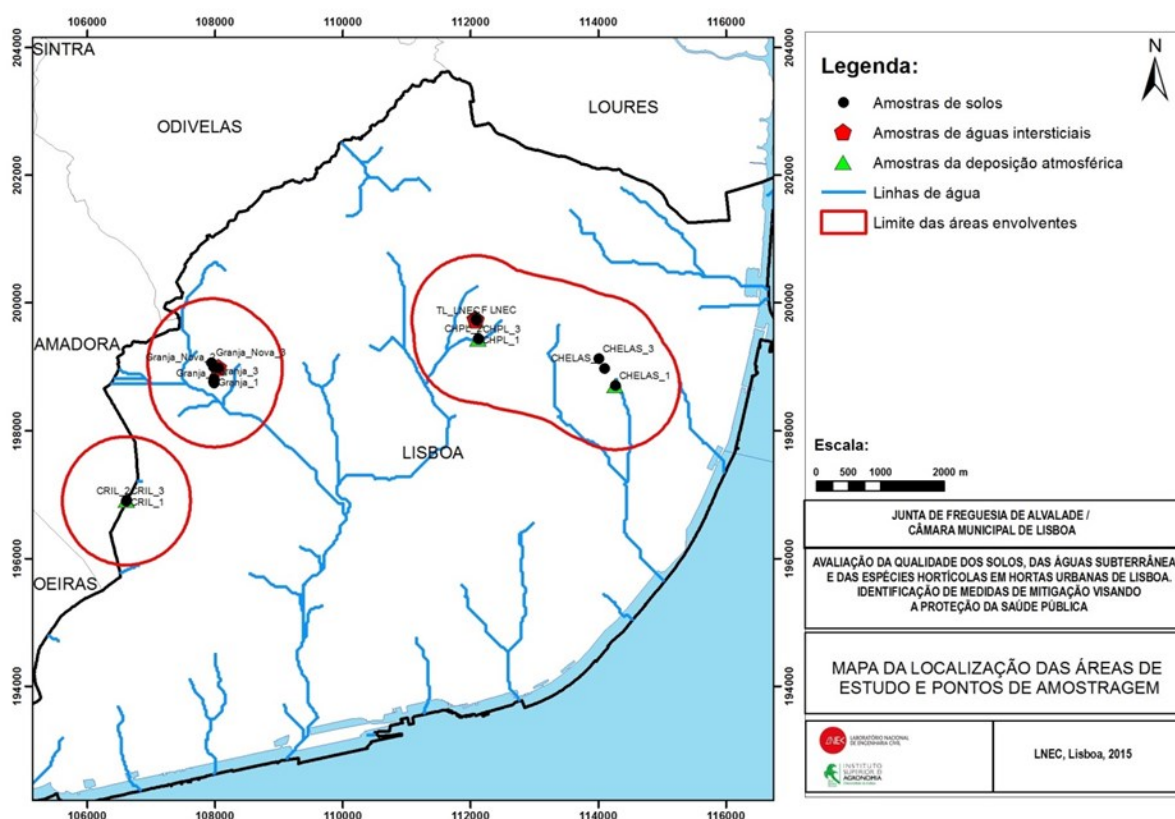


Figura 1 – Mapa da localização das áreas de estudo e pontos de amostragem

### 1.2 Geologia e tipo de solos

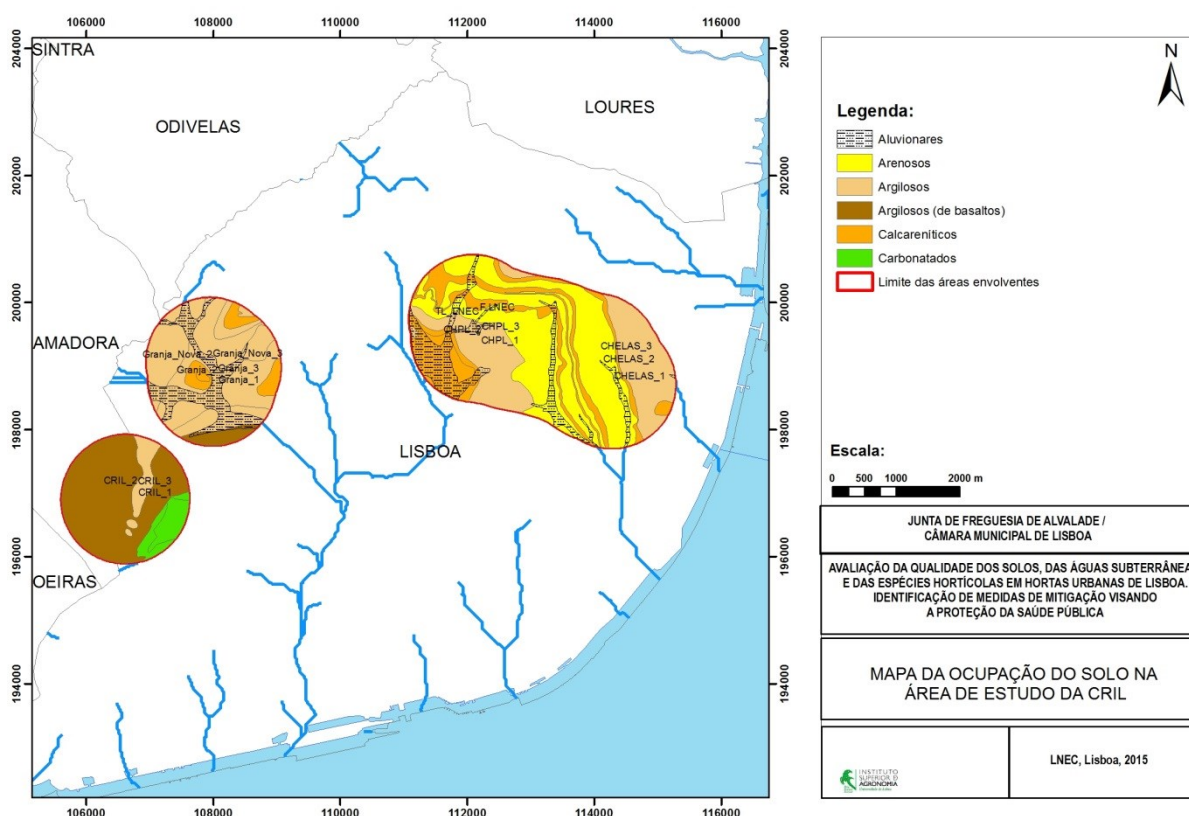
O principal objetivo da análise da geologia foi caracterizar a “rocha-mãe” que deu origem aos diferentes tipos de solos das diversas hortas urbanas analisadas e, assim, avaliar as concentrações iniciais (concentrações de fundo geoquímico) dos elementos químicos

analisados (Leitão *et al.*, 2016). Estas concentrações foram tidas em consideração na interpretação da potencial contaminação de cada horta analisada.

As formações geológicas das áreas onde se localizam as hortas de PHVC, do LNEC e do CHPL, incluem as formações da série miocénica de Lisboa-Almada (areias, argilas e calcários) e depósitos de cobertura de natureza aluvionar associados aos vales das linhas de água, e que recobrem as formações aflorantes (cf. Figura 2).

As formações geológicas das áreas onde se localizam as hortas da QG e PHG englobam rochas de natureza vulcânica do Complexo Vulcânico de Lisboa (a sul) e rochas sedimentares da formação de Benfica, miocénicas bem como depósitos de cobertura de natureza aluvionar. Estes últimos adquirem maior extensão na área no PHG associados ao vale da ribeira de Benfica. As formações geológicas das áreas onde se localizam as hortas da CRIL englobam o Complexo Vulcânico de Lisboa, a formação de Benfica.

No caso das hortas do PHG e do PHVC foi colocada uma camada de solo importado, pelo que a caracterização apresentada para aqueles locais foi alterada.



### 1.3 Pressões da cidade de Lisboa

Com base na informação disponibilizada pela CML, completada pelo LNEC com base em fotografia aérea (Google Earth©) foi efetuada a caracterização, em SIG, das principais pressões no interior do perímetro das áreas envolventes às hortas de Lisboa selecionadas, em particular daquelas que poderão ser as mais prováveis fontes de contaminação por metais pesados e por PAH (hidrocarbonetos mais comuns da poluição por estradas e

aeroportos). Os resultados desta análise são apresentados na **Error! Reference source not found..**

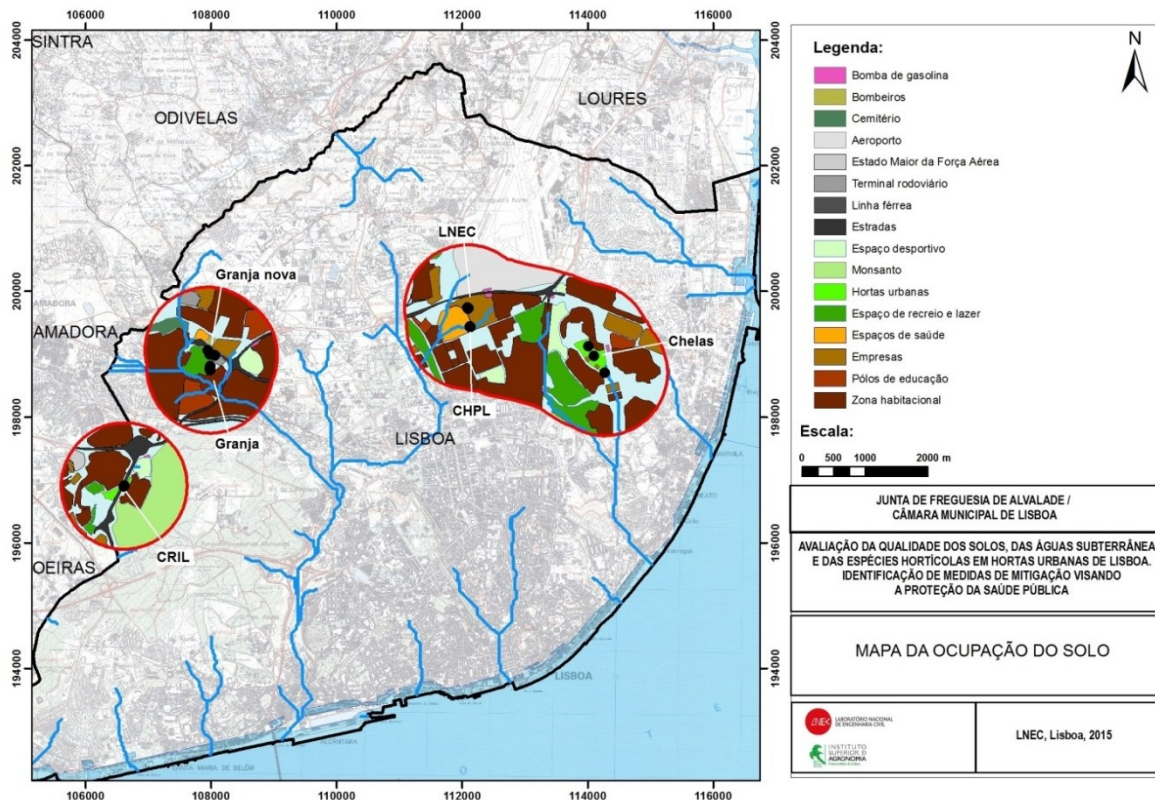


Figura 3 – Mapa da ocupação do solo com identificação das principais pressões

Observa-se que a poluição das estradas constitui a pressão mais comum na cidade, sendo a CRIL o local com maior impacto e o PHVC o local com menor impacto. Os impactos do aeroporto de Lisboa incidem principalmente nas hortas do LNEC e CHPL. O principal veículo de propagação e deposição dos poluentes emitidos na cidade é a deposição via aérea, sendo a direção principal dos ventos em Lisboa de NW-NNW.

#### 1.4 Práticas agrónómicas

As culturas plantadas nas hortas são irrigadas durante todo o ano, especialmente na primavera / verão, devido à alta temperatura e evapotranspiração, e à baixa precipitação. No outono / inverno a irrigação complementa a precipitação. A irrigação nas hortas analisadas vem da rede pública de abastecimento em quatro dos locais estudados. Na CRIL, a água provém da precipitação e do escoamento que é coletado em reservatórios. No LNEC e QG, a água de irrigação provém de poços, embora na QG a água também tenha origem numa fonte. Além dos fertilizantes químicos, a fertilidade do solo é mantida pela aplicação de diferentes fertilizantes e biocompostos.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Deposição seca e húmida**

A análise da qualidade da água resultante da deposição atmosférica nos locais de hortas urbanas teve como objetivos:

- caracterizar a qualidade da água que entra no solo (i.e. a deposição húmida resultante da interseção da água da precipitação com as partículas atmosféricas em ambiente urbano, através de amostradores de precipitação colocados sob os vegetais);
- analisar o tipo de contaminação das águas de deposição atmosférica e correlacioná-lo com a localização da horta.

Para efetuar um levantamento da potencial contaminação originada pelas pressões existentes, na cidade de Lisboa, foram colocados nas hortas tabuleiros para recolha da deposição seca e da deposição por precipitação. Os tabuleiros foram deixados nos locais entre janeiro e setembro de 2015. A colheita das amostras de água foi realizada em dois períodos distintos: (1) de 12-01-2015 a 17-06-2015 e de (2) 17-06-2015 a 18-09-2015. O primeiro corresponde a um período de cinco meses e o segundo a um período de três meses. Chama-se a atenção para o facto de ter sido necessário proceder à lavagem de tabuleiros, utilizando água destilada, nas amostras do período de 17/6 para o CHPL e de 18/9 para a CRIL, na medida em que os mesmos estavam secos.

### **2.2 Solos**

A análise da qualidade dos solos das seis hortas urbanas seleccionadas teve como objetivos:

- caracterizar a qualidade dos solos das hortas urbanas, através da análise das concentrações em diversos elementos, para duas profundidades e em dois períodos distintos;
- analisar e correlacionar o grau de contaminação dos solos com a localização da horta na cidade de Lisboa, atendendo às pressões da cidade, à natureza dos solos e às práticas agronómicas;
- analisar eventuais diferenças encontradas entre profundidades e períodos, bem como os motivos dessas diferenças.

Foram recolhidas duas amostras de solos por horta (dos 0 – 5 cm e dos 20 – 30 cm), em janeiro e em junho, i.e. 24 amostras (2 amostras x 6 hortas x 2 épocas).

### **2.3 Águas intersticiais**

A análise da qualidade da água nos locais das hortas urbanas teve como objetivos:

- caracterizar a qualidade das águas intersticiais a duas profundidades (30 e 60 cm);
- correlacionar a qualidade das águas intersticiais com a localização da horta e as práticas agrícolas dos locais, verificando a capacidade de lixiviação dos contaminantes presentes no solo.

Atendendo aos objetivos referidos foi adotado o seguinte procedimento:



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

- instalação de duas cápsulas porosas no Parque Hortícola da Granja (para a recolha de amostras da solução do solo e posterior determinação da concentração de metais pesados e do conteúdo em PAH) às profundidades de 30 e 60 cm. Na horta do LNEC já se encontravam duas cápsulas porosas, instaladas às mesmas profundidades, que foram utilizadas para amostragem;
- armazenamento e conservação das amostras de águas intersticiais, recolhidas com uma periodicidade quinzenal, para posterior análise integrada para o ciclo de culturas de Inverno (04/02/2015 até 13/05/2015) e do período de Verão (13/05/15 até 21/08/15). De 27/05/15 em diante não houve água para amostragem em nenhuma das quinzenas.

## 2.4 Vegetais

A análise da qualidade das espécies vegetais nos locais das hortas urbanas teve como objetivos:

- determinar as concentrações em metais pesados (cobre, chumbo, zinco, cádmio, crómio e níquel) no material vegetal recolhido nas seis hortas urbanas referidas, em dois períodos: janeiro e junho de 2015;
- analisar a correlação entre o grau de contaminação das espécies vegetais e a localização da horta / práticas agrícolas;
- identificar as espécies vegetais mais sensíveis à poluição e eventual acumulação de metais pesados, visando a seleção das mais adequadas para áreas sujeitas a maiores pressões.

Atendendo aos objetivos inicialmente propostos foram efetuadas colheitas de amostras vegetais das várias espécies hortícolas que estavam a ser utilizadas nos dois momentos de colheita. As espécies foram devidamente identificadas, lavadas e guardadas para análise no laboratório. Para cada espécie hortícola de cada uma das hortas em estudo foram feitas amostras em triplicado. Estas amostras foram secas em estufa (à temperatura de 60°C) até se atingir um peso constante. Seguidamente sofreram uma digestão com ácido nítrico para extração dos metais a analisar (cobre, cádmio, zinco, crómio, chumbo e níquel). Os extratos foram posteriormente analisados por espectrofotometria de absorção atómica. Em janeiro foram colhidas 86 amostras e em junho 47 amostras.

## 2.5 Parâmetros analisados

Em função do tipo de pressões identificadas foram analisados os seguintes parâmetros, nas amostras de águas e de solos: hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAH): acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, benzo(k)fluoranteno, criseno, dibenz(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1.2.3.cd)pireno, naftaleno, pireno, soma 16 PAH) e metais e metaloides: Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Ta, V e Zn. Nos vegetais foram apenas analisados Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn. Nos solos e nas águas intersticiais foram, ainda, analisados  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ . Detalhes sobre os métodos de análise podem ser encontrados em Leitão *et al.* (2016).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Deposição seca e húmida

Nos resultados obtidos para metais e metaloides observa-se, como seria de esperar, que as concentrações em ferro, alumínio e manganês são as mais elevadas, uma vez que estes são três dos constituintes mais abundantes da litosfera. As concentrações obtidas para os restantes elementos são relativamente baixas. Apenas a título comparativo, a maioria destas concentrações apresentam valores abaixo da referência para águas subterrâneas potáveis definida nas normas do Canadá.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para a concentração em hidrocarbonetos nas amostras de água de deposição atmosférica.

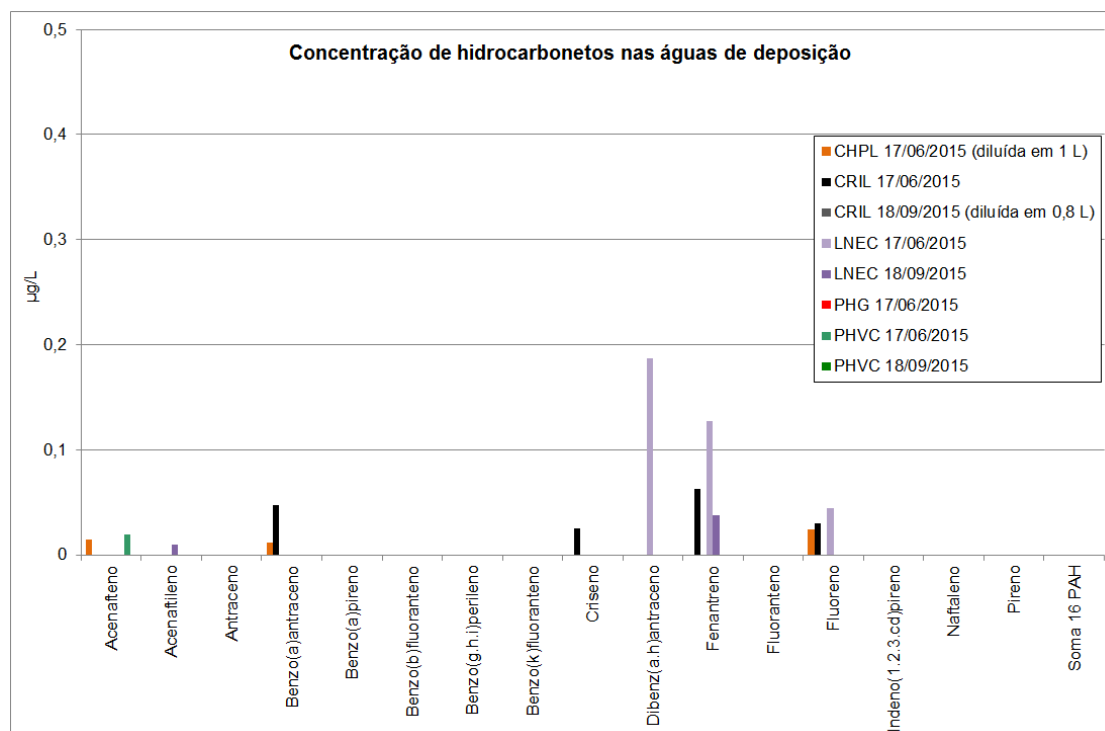


Figura 4 – Concentração em hidrocarbonetos nas águas de deposição atmosférica

O LNEC e a CRIL, e possivelmente o CHPL em maior escala que os anteriores (atendendo a que foi diluída a deposição seca), foram os locais onde se encontraram mais hidrocarbonetos nas águas de deposição atmosférica. Atendendo às pressões a que estes locais estão sujeitos, esse era o cenário espectável. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos para a concentração de hidrocarbonetos nos solos, onde se observam os valores mais elevados no CHPL e na CRIL, locais presentemente mais sujeitos à poluição atmosférica, mas também na Quinta da Granja, onde o solo removido pelas práticas agrícolas vem integrando o historial do local e o efeito acumulativo das pressões atmosféricas. Atendendo ao facto de a metodologia de recolha selecionada implicar a permanência da deposição seca e húmida nos diferentes locais por elevados períodos de

tempo, é natural que tenha ocorrido uma degradação significativa de muitos dos hidrocarbonetos, pelo contacto com a atmosfera e a luz solar.

### 3.2 Solos

Na Figura 5 apresentam-se os resultados obtidos para um conjunto de metais pesados analisados.

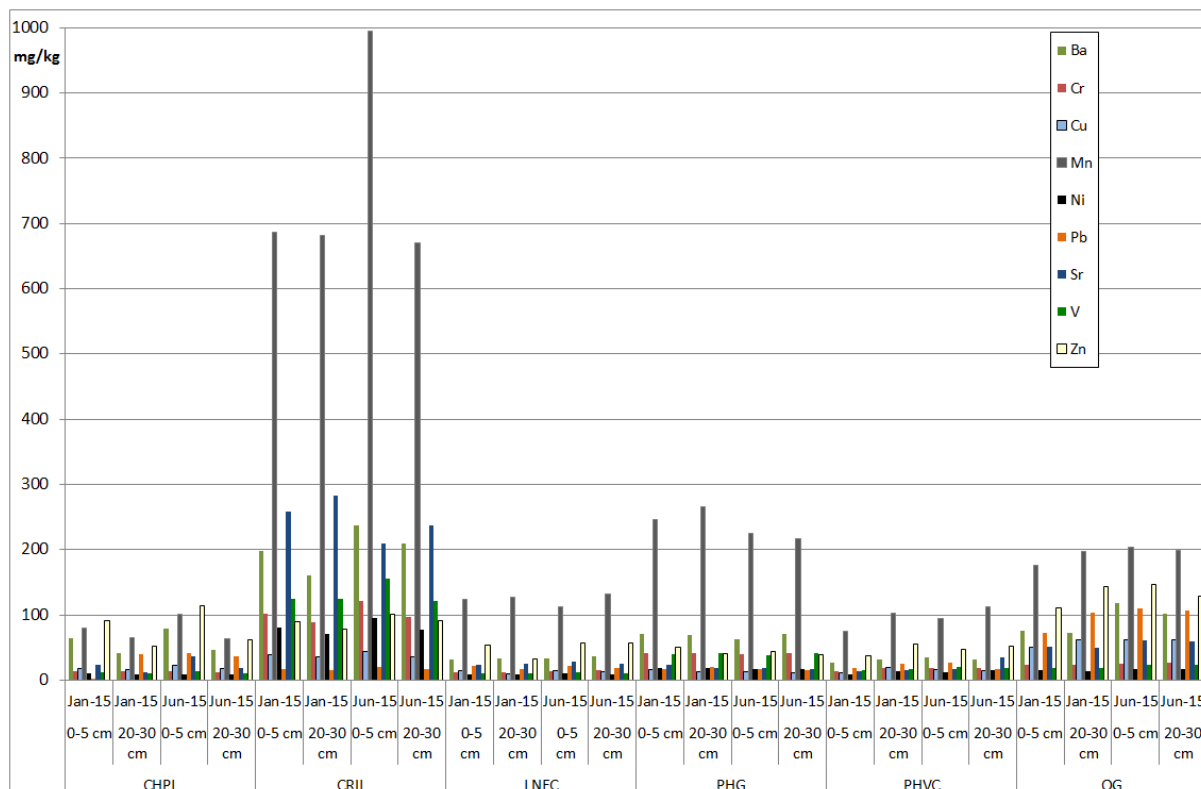


Figura 5 – Concentração nalguns metais pesados nos solos das seis hortas urbanas estudadas

As principais conclusões obtidas são:

- As amostras de solo da horta da CRIL são as que apresentam concentrações mais elevadas para a maioria dos metais pesados: Mn, Ba, Sr, V, Cr, Ni e Co.
- São exceção ao referido no ponto anterior, as concentrações em Zn, Cu e em Pb, cujos valores mais elevados são encontrados na Quinta da Granja.
- No seio de cada horta, dentro da mesma profundidade, as concentrações em metais pesados são semelhantes, dentro da natural heterogeneidade esperada.
- No seio de cada horta, entre profundidades diferentes, as concentrações em metais pesados são semelhantes. Resultados idênticos foram obtidos por Hursthouse *et al.* (2004).
- Existem diversos elementos cuja concentração no solo está acima do respetivo valor limite, Ba, Pb, Cr, Ni, V, Zn, em especial para amostras de solos da CRIL e da Quinta



da Granja. Nas restantes áreas apenas é excedida a concentração em chumbo numa das três amostras do LNEC, mas que não foi confirmada.

- A origem das concentrações mais elevadas em metais pesados na CRIL poderá ter origem no tipo de rocha-mãe e na sua localização junto à CRIL, embora a barreira acústica possa estar a funcionar como barreira à dispersão dos gases da circulação rodoviária e impedir *splash* direto das águas de escorrência da estrada.

A Figura 6 apresenta uma síntese dos resultados obtidos para as concentrações em diversos hidrocarbonetos nos solos.

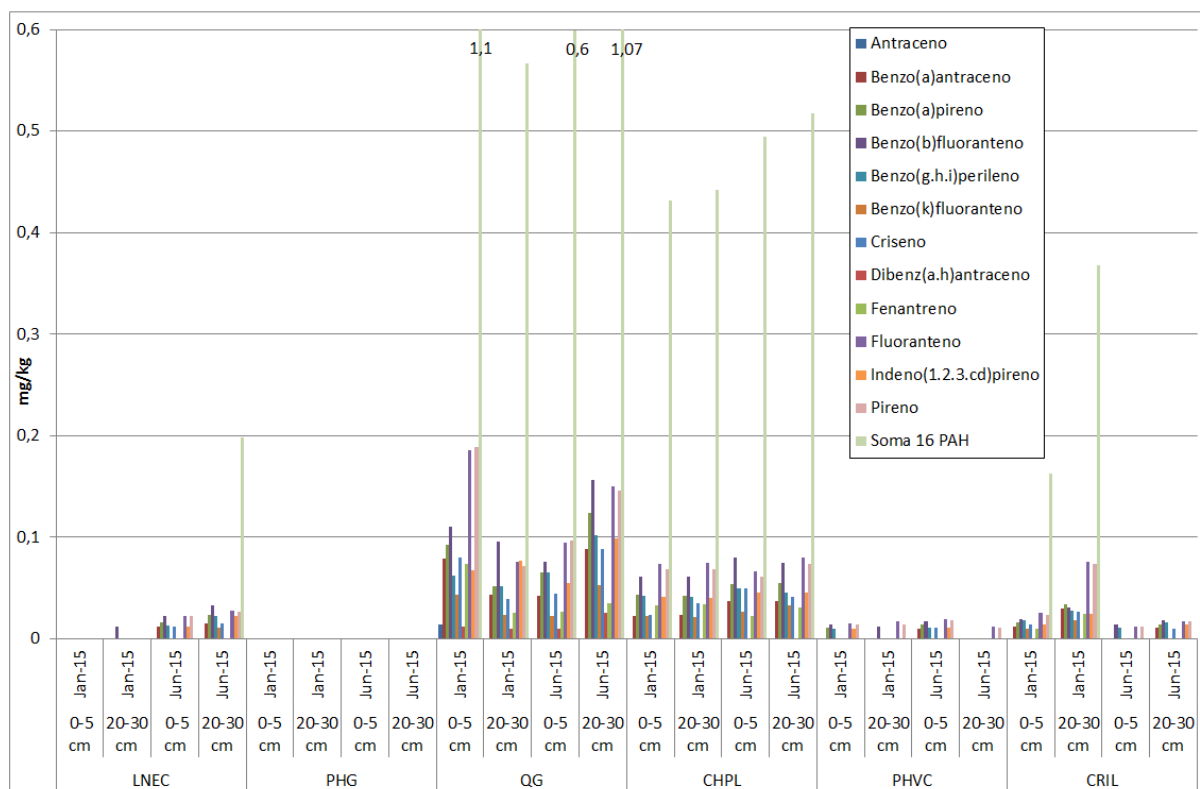


Figura 6 – Mapa da concentração de hidrocarbonetos nos solos (mg/kg), por local de amostragem

Além dos elementos apresentados foram ainda analisados o naftaleno e o fluoreno, cujos valores se encontravam abaixo dos respetivos limites de deteção em todas as amostras de solos. A sua análise evidencia ser a Quinta da Granja a horta onde as concentrações de hidrocarbonetos nos solos são mais elevadas, seguida do CHPL, da CRIL, e do LNEC. O PHG, inaugurado em 2011, não apresentou hidrocarbonetos em nenhuma das amostras de solos analisadas. Os resultados obtidos mostram o efeito cumulativo da contaminação proveniente das pressões nos solos.

### 3.3 Águas intersticiais

A Figura 7 apresenta os resultados obtidos para a concentração em metais e metaloides nas águas intersticiais das duas hortas analisadas. Além dos elementos apresentados foram, ainda, analisados os seguintes elementos, todos eles abaixo do limite de quantificação

respetivo: antimónio (Sb), arsénio (As), berílio (Be), cádmio (Cd), chumbo (Pb), selénio (Se), tálio (Ta) e vanádio (V) (cf. Anexo V).

Comparando estes resultados com os da deposição atmosférica é possível observar serem os mesmos metais (boro, bário e zinco) que ocorrem em maiores concentrações nas águas intersticiais, considerando que os elementos ferro, alumínio e manganés são estáveis como precipitados e não na sua forma solúvel.

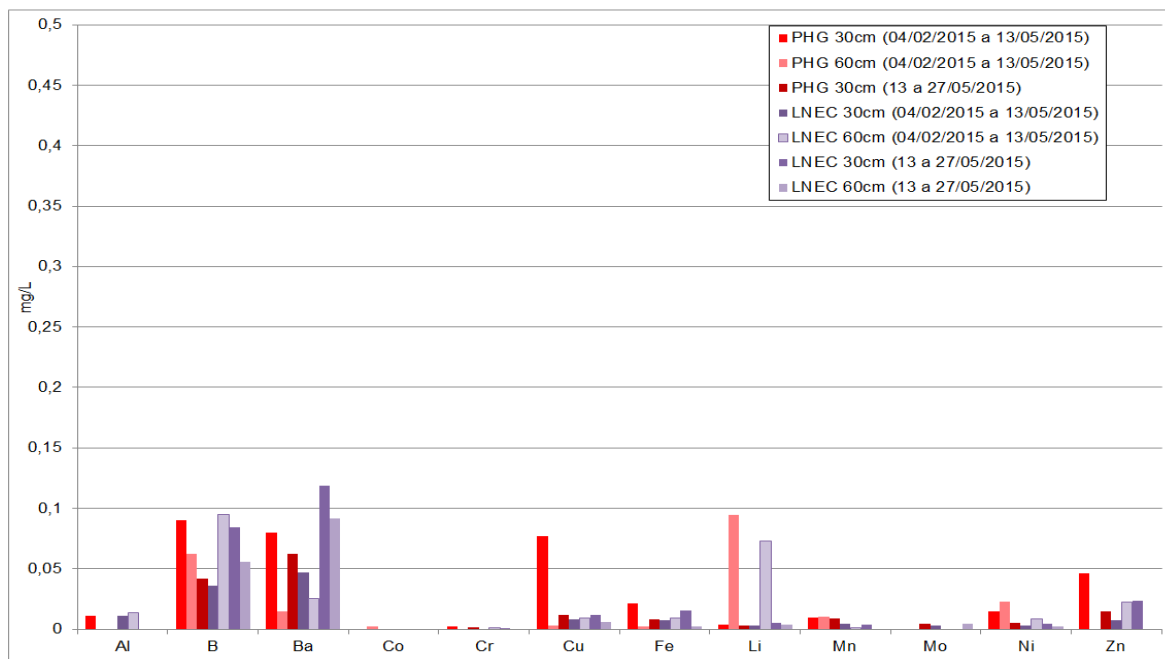


Figura 7 – Concentração em metais nas águas da zona vadosa do solo

O As, Be, Pb e V, presentes em baixas concentrações na deposição seca, foram retidos nas partículas do solo possivelmente por processos de adsorção, não se apresentando nas águas da zona vadosa. Os restantes elementos também mostram uma redução dos seus valores relativamente às águas de deposição.

Com a exceção do Ni, cujas concentrações no PHG surgem ligeiramente acima do legislado no Canadá para águas subterrâneas potáveis, todas as águas apresentam valores abaixo do legislado para águas subterrâneas potáveis. Acresce que este não é o propósito destas águas e que os processos de diluição e de retenção dos poluentes ainda diminuirão, em muito, estas concentrações.

Não foram encontrados hidrocarbonetos em nenhuma das amostras de água das cápsulas instaladas na zona vadosa, nem aos 30 cm nem aos 60 cm.

### 3.4 Vegetais

De um modo geral verificou-se que as raízes das plantas apresentavam valores mais elevados em metais do que a parte aérea, o que é de esperar tendo em conta que as raízes estão em contacto direto com o solo e têm na sua constituição componentes aos quais os metais ficam adsorvidos por afinidade de carga. Os resultados obtidos indicam alguma variabilidade no teor dos diferentes metais em função do metal, do tipo de hortícola e da

horta onde foi colhido, o que é natural tendo em conta os diferentes solos de cada horta e a diferente capacidade de absorção dos metais pelas diversas plantas estudadas. Os resultados obtidos não indiciam contaminações graves nas zonas e períodos estudados. Os resultados globais obtidos neste estudo encontram-se em Leitão *et al.* (2016). Neste artigo apresenta-se uma síntese de alguns desses resultados.

Os teores de Cd obtidos neste trabalho encontram-se bastante abaixo do limite máximo imposto pelas normas europeias (Regulamento CE n.º 629/2008). Os valores mais elevados obtiveram-se nos vegetais de um dos locais do PHVC, sendo contudo sempre inferiores ao limite referido.

O cobre é um metal essencial para os seres vivos e encontra-se presente nas plantas em teores que normalmente variam entre 5 e 20 mg/kg PS (em folhas), embora estes teores possam variar consideravelmente de acordo com a espécie de planta (Yruela, 2009). Valores de Cu abaixo de 5 mg/kg podem provocar sintomas de deficiência enquanto valores acima de 20 mg/kg podem provocar sintomas de toxicidade em muitas espécies de plantas. Na Figura 8 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta.

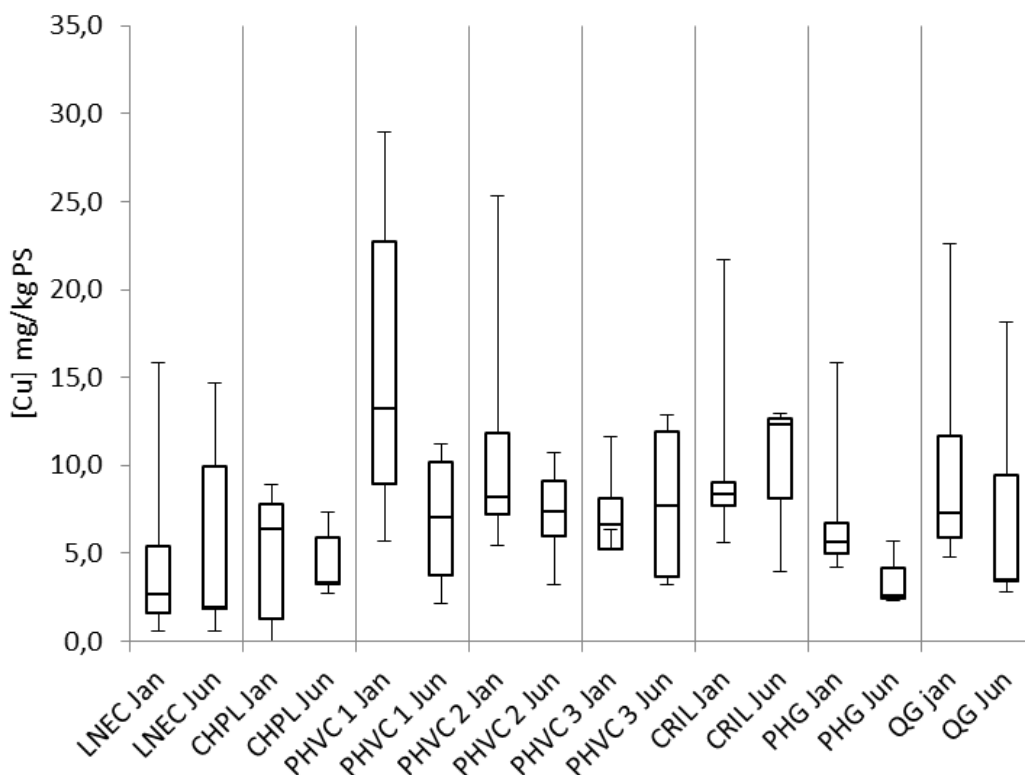


Figura 8 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Cu (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

Os teores deste elemento pode ser considerado dentro da normalidade para a generalidade das espécies vegetais estudadas, existindo nalguns casos um teor muito baixo de cobre (perto ou abaixo do limite de deteção da técnica), o que poderá configurar uma situação de deficiência neste elemento para as respetivas plantas. Detetou-se apenas um caso com

uma concentração de Cu notoriamente acima da média (98,4 mg/kg) numa couve na horta da CRIL.

O Pb é considerado um dos contaminantes mais disseminados, persistentes e tóxicos no ambiente (Gupta *et al.*, 2013). Uma das principais fontes de Pb nas áreas urbanas, como Lisboa, foi a gasolina aditivada com este metal pesado, mas desde a sua proibição em Portugal, em 1999, as emissões reduziram-se consideravelmente (Silva, 2006). Embora o Pb não seja facilmente absorvido pelas plantas, em particular para solos ligeiramente alcalinos como os das hortas destes trabalhos, a sua elevada toxicidade leva a que seja necessário um permanente controlo dos seus níveis tanto nos solos das hortas urbanas como nos vegetais aí cultivados. De acordo com as normas europeias (Regulamento CE n.º 629/2008), o teor limite de Pb para produtos hortícolas de folha e Brassicas, é 0,3 mg/kg de peso fresco. Num estudo realizado sobre a acumulação de metais em solos urbanos contaminados Nabulo *et al.* (2012) verificaram que os teores de Pb em diversas espécies vegetais variavam entre 0,243 e 144 mg/kg PS.

Na Figura 9 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta em relação ao chumbo.

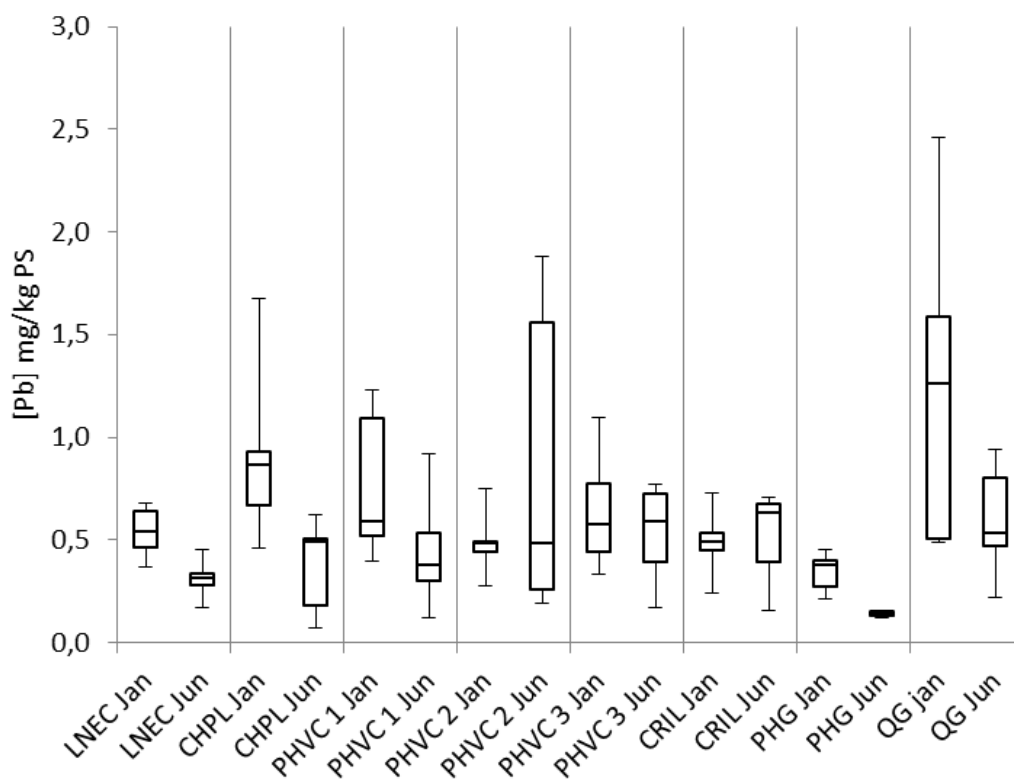


Figura 9 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Pb (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

Os teores de Pb obtidos neste trabalho encontram-se de um modo geral abaixo do limite máximo imposto pelas normas europeias referidas. Existem duas exceções relativas a uma amostra de alface e outra de couve coração de boi, colhidas em junho na horta do CHPL, cujos valores de Pb excedem esses limites. Considerando que nas outras amostras dessa

horta desse mês os valores se encontram normais e que na colheita de janeiro também não foram detetados valores tão elevados supõe-se que terá sido um problema de contaminação pontual e que não deve ser generalizado a toda a horta.

O zinco é um elemento essencial para todos os seres vivos, e as concentrações típicas deste elemento na parte aérea das plantas é de 15-20 mg/kg PS de modo a evitar sintomas de deficiência (Broadley *et al.*, 2007). A toxicidade por excesso de zinco é muito menos frequente que os problemas decorrentes da deficiência deste elemento, mas podem ocorrer situações pontuais de contaminação de solos com excesso de zinco em determinadas situações provocadas por diversas atividades humanas, como a indústria (em particular a mineira) ou a aplicação de matérias fertilizantes contendo Zn a solos agrícolas (sejam em zonas urbanas ou não). De um modo geral consideram-se que teores superiores a 300 mg/kg PS nas folhas provocam sintomas de toxicidade nas plantas embora este valor seja muito dependente da espécie vegetal em causa, existindo plantas que demonstram toxicidade a valores mais baixos e outras que são mais tolerantes (Broadley *et al.*, 2007).

Na Figura 10 apresenta-se um diagrama de extremos e quartis dos resultados obtidos para todas as partes aéreas das plantas colhidas em cada horta. Neste gráfico é visível a variabilidade dos teores de Zn nas diferentes hortas, o que é natural devido também à grande variabilidade no número e tipo de espécies analisadas. Das oito hortas analisadas, verifica-se que em seis casos os valores máximos de Zn foram obtidos na colheita de junho, sendo as duas exceções, as hortas de PHVC 2 e PHG.

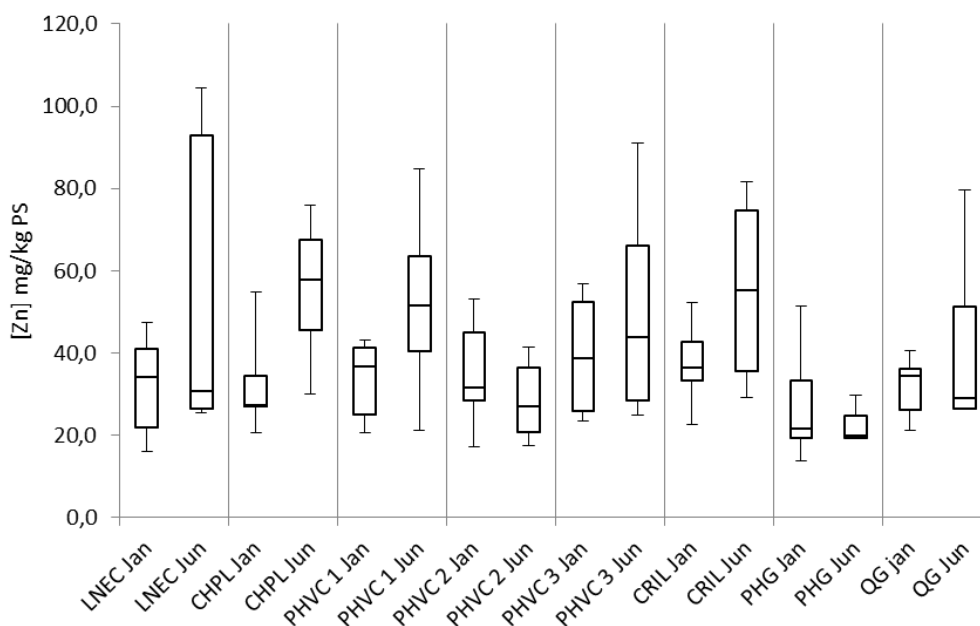


Figura 10 – Diagrama de extremos e quartis dos teores de Zn (mg/kg PS) obtidos nas partes aéreas das plantas colhidas em cada horta, em janeiro e junho de 2015

O Cr(III) é um micronutriente essencial para animais mas não para as plantas, podendo estas acumular quantidades muito variáveis deste elemento até mostrarem sintomas de toxicidade (Singh *et al.*, 2013). Verifica-se que a maior parte do Cr absorvido pelas plantas



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

fica retido nas raízes. Os valores de Cr detetados são, de um modo geral, coincidentes com outros estudos efetuados em diferentes tipos de plantas e encontram-se dentro dos valores normais.

O Níquel é um micronutriente essencial para plantas e alguns microrganismos. O Ni é tóxico para plantas sensíveis em concentrações superiores a 10 mg/kg e para plantas moderadamente tolerantes em concentrações superiores a 50 mg/kg (YUSUF *et al.*, 2011). Os valores encontrados nas hortas analisadas encontraram-se abaixo das concentrações referidas. Os teores mais elevados de Ni foram registados nas raízes das plantas, que, na maioria dos vegetais estudados, constituem a parte não comestível da planta.

#### 4. CONCLUSÕES

Apresenta-se uma análise dos resultados obtidos para a qualidade da deposição atmosférica, dos estrumes, dos solos, das águas intersticiais (zona vadosa) e das espécies vegetais em seis hortas urbanas localizadas em Lisboa, atendendo ao contexto da sua localização, às práticas agronómicas e a natureza intrínseca da qualidade dos solos.

Os resultados obtidos para a qualidade da deposição atmosférica mostram que, além dos elementos mais comuns na litosfera (alumínio, ferro e manganês), os metais que apresentam maiores concentrações são o boro, bário e zinco, seguidos do cobre, chumbo, níquel, arsénio, vanádio, crómio e cobalto, presentes em quase todos os locais e datas de amostragem. Em relação aos hidrocarbonetos analisados, o LNEC e a CRIL, e possivelmente o CHPL em maior escala que os anteriores (atendendo a que foi diluída a deposição seca), foram os locais onde se encontraram mais hidrocarbonetos nas águas de deposição atmosférica. O conjunto de concentrações obtidas são relativamente baixas. Apenas a título comparativo, uma vez que não é diretamente comparável, a maioria destas concentrações apresentam valores abaixo da referência para águas subterrâneas potáveis definida para as normas do Canadá.

A origem da maioria destes elementos deverá estar essencialmente associada à contaminação rodoviária. Para quase todos os elementos, a deposição atmosférica da CRIL é a que apresenta concentrações mais elevadas. Para as restantes hortas não se observam variações significativas entre locais.

Os resultados obtidos para a qualidade do composto comercial fertilizante, à base de estrume de cavalo, mostram que o produto testado se inclui na classe mais baixa proposta para os fertilizantes compostos, o que significa que a sua aplicação ao solo não constitui uma fonte de metais pesados.

As águas utilizadas para a rega com origem no poço e na mina da Quinta da Granja, não revelaram concentrações em metais pesados. No entanto, a água dos poços (QG e LNEC) apresenta uma condutividade elétrica (CE) superior ao valor máximo recomendado (VMR), de 1 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto o teor em  $\text{NO}_3^-$  da água da mina da QG apresenta valor superior ao VMR (25 mg/L) e inferior, mas muito próximo, ao valor máximo admissível (VMA), de 50 mg/L.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Os resultados obtidos para a qualidade dos solos mostram que as amostras de solo da horta da CRIL são as que apresentam concentrações mais elevadas para a maioria dos metais pesados (Mn, Ba, Sr, V, Cr, Ni e Co), com exceção para as concentrações em Zn, Cu e em Pb, cujos valores mais elevados são encontrados na Quinta da Granja. Não se observam alterações significativas na qualidade dos solos nem entre diferentes épocas de análise (janeiro e julho) nem para as duas profundidades analisadas (0-5 cm e 20-30 cm). Este facto deverá ser o resultado do solo ser um meio de acumulação continuada de poluição e de haver homogeneização dos solos até à profundidade usualmente lavrada.

Existem diversos elementos cuja concentração no solo está acima do respetivo valor limite (Ba, Pb, Cr, Ni, V, Zn), em especial para amostras de solos da CRIL e da Quinta da Granja, mas que não se reflectiu nos produtos hortícolas recolhidos nas hortas. Atendendo aos elementos cujas concentrações são mais elevadas nos solos analisados, a sua origem poderá ter origem no tipo de rocha-mãe, mas também na sua localização junto a estradas.

Os hidrocarbonetos encontrados nos solos amostrados apresentam concentrações que apenas ultrapassam a legislação do Canadá para o benzo(a)pireno, em duas amostras, ambas da Quinta da Granja.

Os resultados obtidos para a qualidade das águas da zona vadosa do solo mostram que, com a exceção do Ni, cujas concentrações no PHG surgem ligeiramente acima do legislado no Canadá para águas subterrâneas potáveis, todas as águas apresentam valores abaixo do legislado para águas subterrâneas potáveis, uma vez que os processos de diluição e de retenção dos poluentes ainda diminuirão, em muito, estas concentrações antes de atingirem as águas subterrâneas. Não foram encontrados hidrocarbonetos em nenhuma das amostras de água das cápsulas instaladas na zona vadosa, nem aos 30 cm nem aos 60 cm.

As análises efetuadas aos produtos hortícolas recolhidos nas hortas em estudo revelam que as concentrações dos metais pesados analisados podem ser considerados dentro da normalidade para a generalidade das espécies vegetais estudadas, nomeadamente em relação à sua parte edível. Os casos onde foi detetado um teor elevado de alguns dos metais estudados foi episódico e não indiciam contaminação das hortas analisadas.

Como conclusão final refere-se que, apesar das concentrações dos diversos elementos analisados em solos e em águas terem excedido os valores recomendados nalguns locais (com especial incidência para a CRIL e Quinta da Granja), a qualidade dos produtos hortícolas raramente apresentou contaminação. Atendendo ao risco de poluição cumulativa dos elementos estudados, recomenda-se manter uma monitorização da qualidade dos solos, das águas e dos produtos hortícolas nos próximos anos, por forma a fazer uma análise e previsão da evolução da situação na cidade de Lisboa.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer ao Município de Lisboa / Freguesia de Alvalade e ao gabinete COST que financiou a Ação COST TU1201 "Urban Allotment Gardens in European Cities - Future, Challenges and Lessons Learned" (<http://www.urbanallotments.eu/>) pelo seu apoio financeiro e logístico.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I. e Lux A., 2007 - Zinc in Plants. *New Phytologist* 173 (4):677-702.

Gupta, D. K., Huang, H. G. e Corpas, F. J., 2013 - Lead Tolerance in Plants: Strategies for Phytoremediation. *Environ Sci Pollut Res Int* 20 (4):2150-2161.

Hursthouse, A., Tognarelli, D., Tucker, P., Ajmone Marsan, F., Martini, C., Madrid, L., Madrid, F. e Diaz-Barrientos, E. (2004). Metal Content of Surface Soils in Parks and Allotments from Three European Cities: Initial Pilot Study Results. *Land Contamination & Reclamation*, 12 (3), 2004.

Kabata-Pendias, A. (2001). Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press Taylor & Francis Group, 505 pp. ([http://www.petronet.ir/documents/10180/2323242/Trace\\_Elements\\_in\\_Soils\\_and\\_Plants](http://www.petronet.ir/documents/10180/2323242/Trace_Elements_in_Soils_and_Plants)).

Leitão T.E., Henriques, M.J., Cameira, M.R., Mourato, M., Rodrigo, I., Martins, M.L.L., Costa, H.D. and Pacheco, J.M. (2016). Evaluation of soil, groundwater and vegetable quality in Lisbon urban allotment gardens. Identification of mitigation measures aimed at protecting public health (in Portuguese). Report 54/2016, 134 pp. ([http://www.inec.pt/fotos/editor2/dha/DHA%20PDFs/rel\\_54\\_16.pdf](http://www.inec.pt/fotos/editor2/dha/DHA%20PDFs/rel_54_16.pdf)).

Nabulo, G., Black, C. R. Craigon, J. e Young S. D., 2012 - Does Consumption of Leafy Vegetables Grown in Pen-Urban Agriculture Pose a Risk to Human Health? *Environmental Pollution* 162:389-398.

Silva, H. F. A., 2006 - Quantificação de Emissões Metálicas em Ambiente Urbano Originadas pela Utilização de Catalisadores em Veículos Automóveis. Tese de Mestrado em Química Analítica Aplicada, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Singh, H., Mahajan, P. Kaur, S. Batish, D. e Kohli, R., 2013 - Chromium Toxicity and Tolerance in Plants. *Environmental Chemistry Letters* 11 (3):229-254.

Yruela, I., 2009 - Copper in Plants: Acquisition, Transport and Interactions. *Functional Plant Biology* 36 (5):409-430.

Yusuf, M., Fariduddin, Q., Hayat, S. e Ahmad, A., 2011 - Nickel: An Overview of Uptake, Essentiality and Toxicity in Plants. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 86 (1):1-17.