

Teores de nutrientes e metais em *Hyssopus officinalis* cultivado em solo argiloso com fertilização orgânica e mineral

Nutrients and metals contents in hyssop (*Hyssopus officinalis*) plants growing in a clayish soil with mineral and organic fertilization

Affonso Celso GONÇALVES Jr¹; Herbert NACKE²; Gustavo Ferreira COELHO²; Daniel SCHWANTES²; Endrigo Antônio de CARVALHO³; Alice Jacobus de MORAES²

¹ Autor para correspondência; Pós-doutor em Ciências Ambientais, Prof. Associado da Unioeste, Centro de Ciências Agrárias - Campus Marechal Cândido Rondon, Rua Pernambuco, 1777, CEP 85960-00, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil;affonso133@hotmail.com

² Mestre em Agronomia, Unioeste, Centro de Ciências Agrárias, Campus Marechal Cândido Rondon, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil

³ Zootecnista, Unioeste, Centro de Ciências Agrárias, Campus Marechal Cândido Rondon, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil;endrigo.carvalho@hotmail.com

Resumo

Devido aos muitos benefícios do uso de plantas medicinais e de sua demanda crescente, são necessárias pesquisas que relacionem práticas culturais e o aumento da produtividade destas culturas. Uma destas práticas diz respeito ao uso de biofertilizantes de origem suína; entretanto, em alguns casos, estes podem apresentar teores de elementos tóxicos e ocasionar graves problemas ambientais. Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo determinar a disponibilidade de nutrientes e metais pesados tóxicos presentes em plantas de hissopo (*Hyssopus officinalis*), cultivadas com fertilizante orgânico proveniente da suinocultura e fertilizante mineral. O experimento foi conduzido em casa de vegetação durante o ano de 2010. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial (2x3), dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), sendo dois tipos de fertilização (orgânica e mineral), em três doses (sem adubação, dose recomendada e o dobro da dose recomendada), totalizando seis tratamentos com quatro repetições. Aos 60 dias após a semeadura, foram determinados nas plantas de hissopo os teores de macro e micronutrientes, metais pesados (Cd, Pb e Cr), massa seca de parte aérea e acúmulo de nutrientes. A adubação orgânica promoveu maiores acúmulos de P, Ca, Mg e Fe na parte aérea das plantas de hissopo, que, junto ao N, favoreceu a produção de matéria seca, enquanto a adubação mineral proporcionou maior acúmulo de Zn e Mn. Para o metal pesado tóxico Pb, apesar de este não diferir estatisticamente entre as adubações, seu efeito acumulativo, associado a cultivos sucessivos, pode ocasionar concentrações perigosas deste elemento nas plantas.

Palavras-chave adicionais: Dejeito de suíno; fertilização; fitodisponibilidade; hissopo; metal pesado.

Abstract

Due to their several benefits and growing demand, medicinal plants are in need of research works concerned with cultural practices viewing increased productivity. One of these practices is that by which biofertilizers of swine origin are used – these are fertilizers though which, on occasion, may have in their composition high levels of toxic elements, thus causing serious environmental problems. These were the reasons underlining this research work - to investigate the availability of nutrients and toxic heavy metals in hyssop (*Hyssopus officinalis*) plants which received organic fertilizer of swine origin plus a mineral fertilizer. The experiment was carried out under greenhouse conditions during the year of 2010. The treatments were arranged in a 2 X 3 factorial scheme and distributed in the greenhouse according to a completely random design with two types of fertilization (organic and mineral) and 3 doses (no fertilization, the recommended dose, and twice the recommended dose); each treatment was repeated 4 times. Sixty days after sowing, the hyssop plants had their macro and micronutrients, heavy metals (Cd, Pb, and Cr) composition as well as their aerial part dry matter and nutrients accumulation determined. The organic fertilization promoted higher P, Ca, Mg, and Fe accumulation in hyssop plants aerial part; when in mixture with N, it resulted in increased production of dry matter. The mineral fertilizer promoted Zn and Mn accumulation. As to Pb, it was verified that it may accumulate to toxic levels in the plants as a result of successive cultivations.

Additional keywords: Fertilization; heavy metal; hyssop; phytoavailability; swine waste.

Introdução

O cultivo e a utilização de plantas medicinais na prevenção e no tratamento de doenças ocorrem desde a antiguidade até os dias atuais. Seu cultivo assume importância mundial devido à demanda exercida pelas indústrias químicas, farmacêuticas, alimentícias e de cosméticos (SOUZA et al., 2007). O fator de atração é o ritmo de crescimento das vendas internas, mais de 15% anuais, contra 4% do que evoluem as vendas dos medicamentos sintéticos. Em toda a cadeia produtiva, o setor fitoterápico movimentava anualmente cerca de R\$ 1 bilhão (CARVALHO et al., 2008). Este fato justifica o forte investimento em pesquisas e a busca por novas ferramentas de investigação, determinação e síntese de produtos naturais.

O hissopo (*Hyssopus officinalis*) é uma planta medicinal também conhecida como Issopo, Isopo, Erva-Santa e Erva-Sagrada. É um arbusto aromático, semiperene, da família Lamiaceae, subclasse Lamiales, classe Magnoliopsida, divisão Magnoliophyta. As folhas lineares são opostas sobre o caule quadrangular. Na axila das folhas superiores, formam-se verticilos ímpares de flores azuis (OMIDBAIGI, 2000).

A planta é originária do Mediterrâneo, sendo uma das mais importantes ervas farmacêuticas cultivadas nas regiões Central e Sul dos países europeus, como Rússia, Espanha, França e Itália (OMIDBAIGI, 2000). Geralmente, cresce em solos calcários, taludes secos e até em rochas e paredes. Sua época de floração situa-se geralmente entre junho e setembro. A semeadura pode ser feita o ano todo, e seu ciclo varia de 60 dias no verão, a 90 dias no inverno. O tamanho comercial é de 40 cm de altura (ISLA, 2006), e as plantas são colhidas no começo da floração, com o corte das partes superiores mais tenras dos caules, de alto poder de regeneração, portanto a colheita pode ser realizada duas a três vezes ao ano.

Seu uso no Brasil é tradicionalmente para fins terapêuticos, agindo no tratamento de ansiedades, asma, bronquites, com ação expectorante, cicatrizante e também no tratamento de congestão, contusões, deslocamentos, dispepsia, dor de garganta, febre, feridas, gripe, herpes, histeria, indigestão, resfriados, reumatismo, tosse, tuberculose, entre outros. A erva de hissopo apresenta ação adstringente, antisséptico, anti-helmíntica, antivirótica, carminativa, diaforética, diurética, emenagoga, sedativa, tônico estomacal e tônico respiratória. É considerada uma planta ambivalente, ou seja, de ação benéfica e maléfica devido aos seus princípios ativos. Existem relatos alertando sobre seu uso durante a gravidez ou por epiléticos ou, ainda, por hipertensos, uma vez que pode ser prejudicial (ANGELINI et al., 2003; ARMINANTE et al., 2006).

A síntese de princípios ativos nas plantas medicinais é derivada do metabolismo secundário (COSTA et al., 2008a). GOBBO-NETO & LOPES (2007) afirmam que os nutrientes também podem influenciar na produção de diferentes metabólitos secundários, portanto sua disponibilidade tem efeito direto na produção de metabólitos secundários.

A maioria das plantas medicinais comercializadas *in natura* ou embaladas apresenta-se fora do padrão de qualidade, não assegurando suas propriedades terapêuticas e aromáticas preconizadas ou, ainda, contaminadas por impurezas. Assim, pesquisas científicas têm apontado a presença de diversas irregularidades que comprometem a eficácia destas plantas, pois pode pôr em risco a saúde do consumidor (MELO, 2007).

As principais fontes de contaminação de plantas medicinais, segundo VEIGA Jr. et al. (2005), são as microbiológicas, oriundas da manipulação, do armazenamento ou da exposição das plantas, principalmente em feiras livres; por fármacos ou outras plantas medicinais devido à adição de substâncias que podem tornar-se contaminantes para que estas potencializem os efeitos da planta medicinal; por agrotóxicos e metais pesados originados por meio de contaminação do solo, água, insumos, entre outros.

Por definição, metais pesados são elementos químicos (metais e semimetals) que possuem densidade superior a 5 g cm^{-3} e número atômico maior do que 20 (GONÇALVES Jr. & PESSOA, 2002).

Metais como cobre (Cu), zinco (Zn), níquel (Ni) e cromo (Cr) são utilizados no metabolismo biológico e considerados essenciais, ou benéficos ou tóxicos, variando quanto ao elemento e à concentração em que se encontram no tecido vegetal, enquanto chumbo (Pb) e cádmio (Cd) não são essenciais, sendo tóxicos, mesmo em níveis de traço (GONÇALVES Jr. et al., 2009).

As plantas podem acumular estes metais em todos os tecidos, podendo transferi-los para a cadeia alimentar, sendo atualmente um dos temas de grande interesse ambiental, não apenas pela fitotoxicidade de muitos destes metais, mas também pelos potenciais efeitos nocivos na saúde animal e na humana (SHWANTZ et al., 2008). O acúmulo de metais pesados nas plantas pode ser muito variável de um determinado órgão para outro. Normalmente, a raiz é o órgão de principal acesso e acumulação dos metais pesados (BARCELÓ & POSCHENRIEDER, 1992).

Diante do exposto, objetivou-se determinar a disponibilidade de nutrientes e metais pesados tóxicos presentes em plantas de hissopo (*Hyssopus officinalis*), cultivadas com fertilizante orgânico proveniente da suinocultura e fertilizante mineral.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no município de Marechal Cândido Rondon-PR - coordenadas 24° 31' de latitude sul e 54° 17' de longitude oeste.

O solo utilizado foi Latossolo Vermelho eutrófico (LVe), conforme a classificação da EMBRAPA (2006), sendo coletado em camada de 0-20 cm de profundidade, de uma área proveniente do município de Marechal Cândido

Rondon – PR. Para determinar a distribuição das partículas primárias de solo (areia, silte e argila), realizou-se a análise granulométrica, por meio do método da pipeta, conforme proposto pela EMBRAPA (1997), na qual o solo apresentou valores de 697; 230 e 72g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente.

Realizou-se análise química do solo conforme métodos descritos por PAVAN et al. (1992) (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise química do Latossolo Vermelho eutrófico (LVe) na camada de 0-20 cm de profundidade. *Chemical analysis of the soil (Eutric Ferralsol) at a depth between 0 and 20 cm.*

| P (mg dm ⁻³) | MO (g dm ⁻³) | pH (CaCl ₂) 0,01 mol L ⁻¹ | H+Al | Al ³⁺ | K ⁺ | Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) | Mg ²⁺ | SB | CTC | V (%) |
|------------------------------------|-----------------------------|---|------|------------------|----------------|---|------------------|-----|-----|----------|
| 8,4 | 21,2 | 5,1 | 3,5 | 0,1 | 0,6 | 0,6 | 4,2 | 5,6 | 9,1 | 61,8 |
| Cu | Zn | Fe | Mn | Cd | Pb | Cr | | | | |
| ----- (mg kg ⁻¹) ----- | | | | | | | | | | |
| 14,9 | 173,0 | 45,2 | 3,4 | 3,0 | 48,0 | 5,0 | | | | |

LQ (limites de quantificação): P = 0,01; K = 0,01; Ca = 0,005; Mg = 0,005; Cu = 0,005; Fe = 0,01; Mn = 0,01; Zn = 0,005; Cd = 0,005; Pb = 0,01; Cr = 0,01.

Para a caracterização química do solo, foram coletadas amostras na camada de 0-20 cm de profundidade, as quais foram posteriormente secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C durante 48 h, trituradas em moinho tipo martelo e padronizadas em peneira de 2 mm de diâmetro (SEIDEL et al., 2010).

A recomendação da adubação mineral baseou-se na análise química dos solos (Tabelas 1). Os valores das doses utilizadas para adubação mineral (dose recomendada e o dobro da dose recomendada) foram de 30 kg ha⁻¹ e 60 kg ha⁻¹ para o N; 50 kg ha⁻¹ e 100 kg ha⁻¹ para o P₂O₅; e 20 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ para o K₂O, que correspondem a 15 mg dm⁻³ e 30 mg dm⁻³ para o N; 25 mg dm⁻³ e 50 mg dm⁻³ para o P₂O₅; e 10 mg dm⁻³ e 20 mg dm⁻³ para o K₂O (RAIJ et al., 1997). As fontes de N, K₂O e P₂O₅ utilizadas foram sulfato de amônio P.A. ((NH₄)₂SO₄), cloreto de potássio P.A. (KCl) e fosfato de monoamônio P.A. (MAP), respectivamente. As concentrações dos metais pesados Cd, Pb e Cr nos fertilizantes foram determinadas por meio de digestão nitroperclórica (AOAC, 2005), seguido de espectrometria de absorção atômica (EAA-chama) (WELZ & SPERLING, 1999) (Tabela 2).

Para a recomendação da adubação orgânica, foi utilizada a indicação do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), que recomenda, para ervas medicinais, aplicação de 20 a 50 Mg ha⁻¹ de biofertilizante (RAIJ et al., 1997). Desta forma, baseando-se no resultado da análise química do solo (Tabela 1), a dose recomendada para o solo no experimento foi de 30 Mg ha⁻¹ e o dobro: 60 Mg ha⁻¹.

O composto orgânico utilizado no experimento foi preparado com dejetos provenientes da suinocultura, retirados de um tanque de decantação de dejetos e secos ao sol, e de massa proveniente de corte de grama, conforme metodologia proposta por CENTEC (2004). A pilha de compostagem foi constituída de camadas de 10 cm, sendo a primeira camada composta por grama, seguida de outra camada com dejetos suínos apenas, e novamente outra camada de grama, ordem mantida até atingir cerca de 1 m de altura. Durante a compostagem, as pilhas foram reviradas a cada 15 dias para manter a aeração e a umidade do composto, e aos 60 dias o adubo orgânico estava pronto para ser utilizado (CENTEC, 2004).

Para a caracterização química do composto orgânico, utilizou-se da digestão nitroperclórica (AOAC, 2005) e posterior determinação dos elementos por meio da espectrometria de absorção atômica, modalidade chama (EAA/chama) (WELZ & SPERLING, 1999) (Tabela 2).

Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial (2x3) dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com duas formas de adubação (mineral ou orgânica), em três doses (sem adubação, dose recomendada e o dobro da dose recomendada), totalizando 6 tratamentos, com quatro repetições, dispostos em vasos plásticos (de 20 cm de diâmetro por 20 cm de altura) com capacidade para 5 kg de solo, que foi peneirado para atingir a granulometria de 5 mm.

Aos 15 dias do mês de março de 2010, foram semeadas cerca de 10 sementes de hisopo por vaso e, no sétimo dia após a semeadura, realizou-se o desbaste para deixar quatro plantas por vaso.

Tabela 2 - Análise química do composto orgânico e concentrações dos metais pesados Cd, Pb e Cr no adubo mineral (N:P₂O₅:K₂O). *Chemical analysis of the organic fertilizer and concentrations of the heavy metals Cd, Pb, and Cr in the mineral fertilizer (N:P₂O₅:K₂O).*

| Adubo | N | P | K | Ca | Mg | Cu | Zn | Fe | Mn | Cd | Pb | Cr |
|----------|-----------------------------------|------|-----|------|-----|------------------------------------|-------|-------|-------|-----|------|------|
| | ----- (g kg ⁻¹) ----- | | | | | ----- (mg kg ⁻¹) ----- | | | | | | |
| Orgânico | 13,1 | 10,8 | 2,0 | 41,3 | 5,2 | 314,0 | 250,0 | 416,0 | 536,0 | 2,0 | 62,0 | 17,0 |
| Mineral | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3,7 | 32,1 | 14,7 |

LQ (limites de quantificação): N = 0,10; P = 0,01; K = 0,01; Ca = 0,005; Mg = 0,005.

O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, não havendo necessidade de controle de pragas ou doenças na cultura. Os vasos foram irrigados diariamente, visando a manter 100 % da capacidade de retenção de água do solo.

Aos 60 dias após a semeadura, todas as plantas foram cortadas rente ao solo, sendo a parte aérea lavada com água corrente e água deionizada. Após a lavagem, determinou-se a massa fresca das plantas, acondicionando o material em sacos de papel, que foram secos em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até massa constante (LACERDA et al., 2009). As determinações foram realizadas em amostras compostas por vasos, sendo cada vaso correspondente a uma unidade experimental.

Após a secagem, o material foi pesado para a obtenção da massa seca, com posterior moagem e padronização granulométrica das amostras, mediante uso de moinho tipo Willey e peneira de 2 mm e acondicionadas em sacos de polietileno. Para a determinação dos teores de Ca, Mg, K, P, Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb e Cr, foi realizada digestão nitroperclórica (AOAC, 2005) seguida de determinação EAA/chama, aparelho GBC 932AA (WELZ & SPERLING, 1999), e Espectrofotometria de Ultravioleta Visível

(UV-VIS) para a determinação do teor de P total. Como limite de detecção dos elementos analisados, foi utilizado o manual do fabricante (GBC, 1998). O acúmulo dos nutrientes ou metais pesados tóxicos na parte aérea das plantas de hissopo foi calculado multiplicando os teores de cada elemento pela matéria seca da referida parte.

Para a determinação do teor de N total, utilizou-se da digestão sulfúrica (AOAC, 2005) seguida de destilação em Microdestilador Kjeldhal.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se do programa SISVAR (FERREIRA, 2003).

Resultados e discussão

Os resultados demonstram que as fontes de adubação influenciaram significativamente ($p < 0,05$) nos teores de P, Ca, Mg, Zn Fe e Mn, na parte aérea (Tabelas 3 e 4). Para doses, foi encontrada diferença significativa ($p < 0,05$) para N, P, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn e Pb. Enquanto para a interação entre fontes de adubos e doses, foi encontrada diferença para P, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn e Pb.

Tabela 3 - Quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV) para os elementos N, P, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de hissopo em função dos tratamentos. *Mean square and coefficient of variation values for N, P, K, Ca, and Mg contents in the hyssop plant aerial part as influenced by the treatments.*

| Fonte de variação | N | P | K | Ca | Mg |
|-------------------|----------------------------|-------|---------------------|---------|--------|
| | ----- Quadrado médio ----- | | | | |
| Adubação | 11,53 ^{NS} | 1,80* | 27,30 ^{NS} | 171,20* | 13,50* |
| Dose | 70,83* | 2,40* | 64,13 ^{NS} | 410,82* | 10,01* |
| Adubação x Dose | 7,11 ^{NS} | 0,26* | 62,90 ^{NS} | 256,78* | 1,45* |
| Resíduo | 16,76 | 0,10 | 130,73 | 31,83 | 1,37 |
| CV(%) | 12,3 | 12,3 | 26,5 | 14,7 | 8,7 |

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; ^{NS} - não significativo, pelo teste de F.

Tabela 4 - Quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV) para os elementos Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb e Cr na parte aérea das plantas de hissopo em função dos tratamentos. *Mean square and coefficient of variation values for Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb, and Cr contents in the hyssop plant aerial part as influenced by the treatments.*

| Fonte de variação | Cu | Zn | Fe | Mn | Cd | Pb | Cr |
|-------------------|----------------------------|----------|-------------|------------|------|--------------------|------|
| | ----- Quadrado médio ----- | | | | | | |
| Adubação | 92,04 ^{NS} | 1633,50* | 526880,66* | 585312,66* | 0,0 | 1,50 ^{NS} | 0,0 |
| Dose | 94,04 ^{NS} | 276,79* | 3555352,66* | 353369,62* | 0,0 | 52,54* | 0,0 |
| Adubação x Dose | 197,04* | 148,87* | 1124691,16* | 512753,79* | 0,0 | 50,37* | 0,0 |
| Resíduo | 26,93 | 43,61 | 21116,86 | 2883,83 | 0,0 | 5,58 | 0,0 |
| CV(%) | 27,3 | 21,6 | 10,1 | 20,1 | < LQ | 16,8 | < LQ |

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; ^{NS} - não significativo pelo teste de F; ND - não detectado pelo método analítico utilizado. LQ (limites de quantificação): K = 0,01; Ca = 0,005; Mg = 0,005; Cu = 0,005; Fe = 0,01; Mn = 0,01; Zn = 0,005; Cd = 0,005; Pb = 0,01; Cr = 0,01

A análise química do solo, anterior ao experimento, apresentou teores consideráveis de Cd, Pb e Cr (Tabela 1). De acordo com a Resolução nº 420, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os teores de Cd no solo do experimento correspondem aos valores de investigação (VI) para áreas agrícolas (3 mg kg⁻¹); já os teores de Pb e Cr estão abaixo dos valores de prevenção (VP) que são, respectivamente, de 72 e 75 mg kg⁻¹ (BRASIL, 2009). Entretanto, vale ressaltar que a Resolução nº 420 do CONAMA, que apresenta valores de referência para contaminantes no solo, teve sérios questionamentos relacionados aos critérios adotados em sua elaboração, apresentados no processo 02000.002955/2004-69 (PAULA JÚNIOR., 2011; VARJABEDIAN & LEITE, 2009; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011). Neste processo, a Resolução nº 420 foi criticada pelo fato de ser elaborada sem maiores estudos e consultas a pesquisadores e a entidades competentes, além de sua violação à Constituição Federal, uma vez que permite a introdução de contaminantes no solo até o limite máximo permitido, possibilitando o uso de fertilizantes contaminados (NACKE et al., 2013).

Contudo, mesmo o solo apresentando teores consideráveis de Cd, Pb e Cr, esses elementos não foram acumulativos na parte aérea da planta de hissopo, pois os metais Cd e Cr apresentaram valores abaixo do limite de detecção do método analítico utilizado (ND) (Tabela 4).

A não detecção dos metais pesados Cd e Cr no tecido foliar das plantas de hissopo pode ser atribuída ao fato de que estes elementos possuem tendência ao acúmulo nos tecidos radiculares, podendo chegar a valores 10 vezes maiores do que aqueles verificados nos tecidos aéreos (WANG et al., 2009).

A presença no solo de Mn, Al e Fe poderia formar óxidos na superfície da raiz da

planta, aumentando os sítios de ligação para o Cd, inibindo sua absorção e transporte para a parte aérea da planta. Isto se deve à presença de placas na superfície radicular, geralmente com alta área superficial específica com grupos OH funcionais, capazes de reagir com metais e outros cátions e ânions no meio (SINHA & GUPTA, 2005).

Pode-se verificar, na Tabela 5, que, para os teores de P, a adubação orgânica com o dobro da dose recomendada foi a fonte que mais disponibilizou o nutriente para as plantas de hissopo. Em trabalho sobre acúmulo de minerais em sistema adubado com dejetos suínos, DORTZBACH (2009) verificou o aumento dos teores de P em cultivo orgânico. O mesmo resultado foi obtido por GONÇALVES Jr. et al. (2012) em avaliação da disponibilidade de nutrientes e metais pesados em plantas de *Calendula officinalis* (calêndula). Estes autores verificaram o favorecimento da absorção de P quando as plantas foram cultivadas com adubação orgânica.

De acordo com DORTZBACH (2009), isto pode ser atribuído ao elevado teor de P contido nas doses do composto orgânico aplicado no solo, e em razão, também, do elevado teor de matéria orgânica que fornece íons orgânicos, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, e disponibilizando fosfato para os sítios de absorção das raízes.

Os teores de Ca e Mg apresentaram-se mais elevados para as plantas de hissopo cultivadas com adubo orgânico, visto que o composto apresentou altos teores destes elementos, e também porque não foi necessário realizar calagem no solo utilizado no experimento, o que não contribui no incremento destes elementos nas parcelas que receberam adubação mineral. O fornecimento de Ca e Mg também pode estar relacionado aos minerais e à matéria orgânica do solo. Segundo SCHELLE (2000), estes elemen-

tos primeiramente são disponibilizados pela mobilização ativa, o que ocorre por secreções de microrganismos que disponibilizam os nutrientes contidos em rochas, principalmente em rochas basálticas, das quais provém o solo utilizado no experimento.

Os teores de Cu nas plantas de hissopo tenderam a diminuir significativamente quando

estas foram cultivadas utilizando adubação orgânica. Isto pode ser atribuído à forte complexação que esse elemento sofre pela matéria orgânica (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001). A adubação mineral não demonstrou diferenças significativas entre as doses adotadas, visto que não foi realizado adubação com micronutrientes.

Tabela 5 - Médias das concentrações de P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn e Pb na interação entre adubos e doses. *P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, and Pb concentrations in hyssop plants as influenced by type of fertilizer and fertilizer dose.*

| Elemento | Adubo | Dose | | | DMS |
|------------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|--------|
| | | D ₀ | D ₁ | D ₂ | |
| P (g kg ⁻¹) | Orgânico | 2,13 aB | 3,04 aA | 3,58 aA | 0,58 |
| | Mineral | 1,97 aB | 2,44 bAB | 2,69 bA | |
| | DMS | | 0,48 | | |
| Ca (g kg ⁻¹) | Orgânico | 28,52 aB | 44,47 aA | 50,05 aA | 10,18 |
| | Mineral | 30,55 aB | 29,25 bB | 42,22 aA | |
| | DMS | | 8,38 | | |
| Mg (g kg ⁻¹) | Orgânico | 12,67 aB | 14,40 aAB | 15,37 aA | 2,11 |
| | Mineral | 11,55 aA | 13,50 aA | 12,90 bA | |
| | DMS | | 1,73 | | |
| Cu (mg kg ⁻¹) | Orgânico | 26,75 aA | 12,75 bB | 11,75 bB | 9,36 |
| | Mineral | 19,25 aA | 21,50 aA | 22,25 aA | |
| | DMS | | 7,70 | | |
| Fe (mg kg ⁻¹) | Orgânico | 913,00 aB | 1892 aA | 1965,25 bA | 262,37 |
| | Mineral | 751,50 Ab | 787,50 bB | 2342,25 aA | |
| | DMS | | 215,87 | | |
| Mn (mg kg ⁻¹) | Orgânico | 209,75 aA | 60,25 bB | 64,75 bB | 96,96 |
| | Mineral | 141,50 aB | 178,50 aB | 951,71 aA | |
| | DMS | | 79,77 | | |
| Zn (mg kg ⁻¹) | Orgânico | 24,50 aA | 17,75 bA | 24,75 bA | 11,92 |
| | Mineral | 32,25 aB | 34,50 aB | 49,75 aA | |
| | DMS | | 9,81 | | |
| Pb (mg kg ⁻¹) | Orgânico | 11,50 aB | 17,00 aA | 14,50 bAB | 4,26 |
| | Mineral | 11,50 aB | 11,25 bB | 18,75 aA | |
| | DMS | | 3,51 | | |

D₀: sem fertilizante; D₁: dose recomendada de fertilizante; D₂: dobro da dose recomendada de fertilizante. Para cada elemento, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. DMS: Diferença mínima significativa.

Para o Zn, as maiores concentrações foram obtidas pelo uso da adubação mineral, com o dobro da dose recomendada. Estes resultados divergem daqueles obtidos por MORAES et al. (2010), em que o cultivo de manjeriço (*Ocimum basilicum*), com adubação orgânica, apresentou teores de Zn superiores quando comparado com adubação mineral. Os elevados teores foliares de Zn no tratamento, utilizando o dobro da dose do adubo mineral, devem-se basicamente ao efeito da concentração deste elemento na matéria seca, tendo em vista que, neste caso, foram observados

menores valores de matéria seca para as plantas de hissopo (Tabela6).

O Fe apresentou maior fitodisponibilidade em plantas de hissopo quando estas foram cultivadas com o dobro da dose de adubos, tanto na adubação mineral quanto na orgânica. Para o elemento Fe, COELHO et al., (2001) enfatizam que o teor do mesmo é consequência da mineralização da matéria orgânica presente no fertilizante orgânico. Portanto, altos teores deste elemento no adubo orgânico, associado a uma alta eficiência na mineralização, pode resultar em maior absorção e translocação deste elemento para as partes aéreas da planta.

Tabela 6 - Médias da matéria seca de hissopo em função da interação entre adubação e dose. *Hyssop plants dry weight as influenced by type of fertilizer and fertilizer dose.*

| Fertilizante | Matéria seca (g) | | | DMS |
|--------------|------------------|---------|---------|------|
| | D0 | D1 | D2 | |
| Orgânico | 1,07 aB | 2,77 aA | 2,85 aA | 1,28 |
| Mineral | 1,50 aA | 2,17 aA | 1,47 bA | |
| DMS | | 1,05 | | |

D0, sem fertilizante; D1: dose recomendada de fertilizante; D2: dobro da dose recomendada de fertilizante. Para cada parâmetro, médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Os teores de Mn em plantas de hissopo apresentaram-se significativamente maiores quando estas foram cultivadas com o dobro da dose recomendada de adubo mineral. Apesar dos altos teores deste elemento no composto orgânico, o mesmo não foi translocado para o tecido vegetal das plantas de hissopo. Íons metálicos podem ser complexados com a matéria orgânica, alterando sua disponibilidade para as plantas. O agrupamento hidroxila, tanto na forma de matéria sólida e estável, quanto na forma orgânica dissolvida, pode reagir, complexando-se com metais. Assim, a chance da formação de complexos do metal com a matéria orgânica aumenta paralelamente ao aumento da quantidade desta última (SINHA & GUPTA, 2005). Estes resultados assemelham-se aos de MORAES (2010), onde os teores de Mn foram superiores em plantas medicinais de *Calendula officinalise Ocimum basillicum*, cultivadas com adubação mineral em relação às plantas cultivadas com adubação orgânica.

Os elevados teores de Zn, Fe e Mn encontrados nos tecidos vegetais das plantas de hissopo que receberam o dobro da dose do adubo mineral, também podem estar relacionados com a redução do pH do solo provocado pelo sulfato de amônio. O sulfato de amônio provoca maior acidificação do solo, em relação a outras fontes de N, como ureia e nitrato de

amônio (PRIMAVESI et al., 2004; COSTA et al., 2008b), o que, conseqüentemente, contribui para a disponibilização de micronutrientes como Cu, Fe, Zn e Mn para as plantas (BARROW, 1985).

O metal pesado tóxico Pb apresentou valores mais elevados em sua concentração em plantas de hissopo cultivadas com o dobro da dose de adubação mineral, que pode ser justificado pela presença de Pb encontrada no adubo mineral (Tabela 2). Ou seja, o aumento da utilização e/ou da dose de adubo mineral contribuiu na disponibilização de Pb para as plantas de hissopo, visto que o solo já apresentava concentrações consideráveis deste metal. De acordo com GONÇALVES Jr. et al. (2000), a disponibilização de Pb para as plantas ocorre, muitas vezes, devido à contaminação do solo por metais pesados tóxicos oriundos do próprio adubo e pelo efeito cumulativo que este metal possui.

Com relação ao acúmulo de nutrientes, os resultados demonstram que as fontes de adubação influenciaram significativamente ($p < 0,05$) no acúmulo de P, Mn e Zn na parte aérea (Tabela 7 e 8). Com relação às doses, foram encontradas diferenças significativas para N, P, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn e Pb. Para a interação adubação x dose, foi encontrada diferença significativa para os elementos P, Fe, Mn e Pb.

Tabela 7 - Quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV) do acúmulo dos elementos N, P, K, Ca e Mg na parte aérea das plantas de hissopo e função dos tratamentos. *Mean square and coefficient of variation values for the accumulated amounts of N, P, K, Ca, and Mg in hyssop plants aerial part as influenced by the treatments.*

| Fonte de variação | N | P | K | Ca | Mg |
|-------------------|-----------------------|---------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| | Quadrado médio | | | | |
| Adubação | 222,04 ^{NS} | 364,26* | 0,37 ^{NS} | 4200,26 ^{NS} | 3337,04 ^{NS} |
| Dose | 61234,51* | 911,79* | 23487,36 ^{NS} | 173724,32* | 10226,16* |
| Adubação x Dose | 1910,95 ^{NS} | 66,64* | 6620,07 ^{NS} | 50363,24 ^{NS} | 616,15 ^{NS} |
| Resíduo | 6150,01 | 61,96 | 20753,44 | 11095,99 | 1080,80 |
| CV (%) | 22,6 | 27,7 | 32,5 | 25,8 | 23,3 |

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F; ^{NS} - não significativo pelo teste de F.

Tabela 8 - Quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV) para acúmulo dos elementos Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb e Cr na parte aérea das plantas de hissopo em função dos tratamentos. *Mean square and coefficient of variation values for the accumulated amounts of Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Pb, and Cr in hyssop plants aerial part as influenced by the treatments.*

| Fonte de variação | Cu | Zn | Fe | Mn | Cd | Pb | Cr |
|-------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|--------------|------|----------------------|------|
| | Quadrado médio | | | | | | |
| Adubação | 10016,42 ^{NS} | 151018,9* | 99530271,88 ^{NS} | 78490708,59* | 0,0 | 874,83 ^{NS} | 0,0 |
| Dose | 23,88 ^{NS} | 88433,29* | 712068180,58* | 54508929,79* | 0,0 | 22221,00* | 0,0 |
| Adubação x Dose | 18171,20 ^{NS} | 18162,75 ^{NS} | 115188593,41* | 65998628,68* | 0,0 | 5166,39* | 0,0 |
| Resíduo | 5934,81 | 16019,64 | 26399596,33 | 3834001,48 | 0,0 | 2363,63 | 0,0 |
| CV (%) | 39,9 | 39,6 | 32,6 | 67,6 | < LQ | 32,5 | < LQ |

* significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F; ^{NS} - não significativo pelo teste de F; ND - não detectado pelo método analítico utilizado. LQ (limites de quantificação): K = 0,01; Ca = 0,005; Mg = 0,005; Cu = 0,005; Fe = 0,01; Mn = 0,01; Zn = 0,005; Cd = 0,005; Pb = 0,01; Cr = 0,01.

Tabela 9 - Médias do acúmulo dos elementos N, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Pb na parte aérea das plantas de hissopo na interação entre adubos e dose. *N, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, and Pb accumulated amounts in hyssop plants aerial part as influenced by type of fertilizer and fertilizer dose.*

| Elemento | Adubo | Dose | | | DMS |
|----------------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------|
| | | D ₀ | D ₁ | D ₂ | |
| N (g planta ⁻¹) | Orgânico | 255,13 aB | 365,93 aAB | 427,55 aA | 116,50 |
| | Mineral | 239,20 aB | 394,48 aA | 396,68 aA | |
| | DMS | | 141,59 | | |
| P (g planta ⁻¹) | Orgânico | 18,15 aB | 33,77 aA | 45,07 aA | 11,69 |
| | Mineral | 15,93 aB | 26,37 aAB | 31,32 bA | |
| | DMS | | 14,21 | | |
| Ca (g planta ⁻¹) | Orgânico | 285,40 aB | 489,15 aA | 487,82 aA | 156,50 |
| | Mineral | 241,45 aB | 313,47 bB | 628,07 aA | |
| | DMS | | 190,22 | | |
| Mg (g planta ⁻¹) | Orgânico | 107,77 aB | 158,67 aAB | 192,05 aA | 48,83 |
| | Mineral | 94,47 aA | 145,07 aA | 148,20 aA | |
| | DMS | | 59,36 | | |
| Fe (mg planta ⁻¹) | Orgânico | 7.771,97 aB | 21.014,85 aA | 24.653,32 aA | 7.632,97 |
| | Mineral | 6.039,65 aB | 8.458 bB | 26.723,55 aA | |
| | DMS | | 9.276,99 | | |
| Mn (mg planta ⁻¹) | Orgânico | 1.764,15 aA | 663,60 aA | 832,35 bA | 2908,84 |
| | Mineral | 1.130,50 aB | 1.995,62 aB | 10.984 aA | |
| | DMS | | 3.535,36 | | |
| Zn (mg planta ⁻¹) | Orgânico | 207,0 aA | 197,62 aA | 317,32 bA | 188,03 |
| | Mineral | 260,62 aB | 380,35 aAB | 556,92 aA | |
| | DMS | | 228,53 | | |
| Pb (mg planta ⁻¹) | Orgânico | 96,87 aB | 187,62 aA | 182,22 aAB | 72,22 |
| | Mineral | 92,15 aB | 121,45 aB | 216,90 aA | |
| | DMS | | 87,78 | | |

D₀: sem fertilizante; D₁: dose recomendada de fertilizante; D₂: dobro da dose recomendada de fertilizante. Para cada elemento, médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. DMS: Diferença mínima significativa.

Com relação aos nutrientes K e Cu, as fontes de adubação e as doses não apresentaram efeito significativo, ou seja, não contribuíram para o acúmulo destes elementos na parte aérea das plantas de hissopo.

A adubação orgânica favoreceu o acúmulo dos nutrientes P, Ca e Fe já na primeira dose do fertilizante, enquanto para o N e Mg, somente o dobro da dose contribuiu para o acúmulo na parte aérea. Os micronutrientes Mn e Zn não apresentaram diferenças significativas

no acúmulo na matéria seca entre as doses utilizadas do adubo orgânico. Já o Pb apresentou seu maior acúmulo na primeira dose do adubo orgânico.

A adubação mineral contribuiu para o acúmulo de N já na primeira dose do fertilizante, enquanto para os elementos P, Ca, Fe, Mn, Zn e Pb os maiores acúmulos ocorreram com o dobro da dose. O acúmulo de Mg não foi favorecido com a adubação mineral.

Entre as fontes de adubação, houve diferença significativa no acúmulo dos elementos P, Ca, Fe e Mn. Os nutrientes P, Ca e Fe apresentaram maior acúmulo na parte aérea das plantas de hissopo quando fertilizados com adubação orgânica, exceto o Mn, na qual apresentou maior acúmulo na adubação mineral.

Com relação aos metais pesados tóxicos Cd, Cr e Pb, vários autores (ZHELJAZKOV & WARMAN, 2004; OZORES-HAMPTON et al., 2005; RAMOS, 2006) constatam que a biodisponibilidade de elementos-traço em solos tratados com compostagem apresentam variações de acordo com o elemento e o tipo de solo, o que pode explicar o fato de não terem sido detectadas concentrações de Cd e Cr nas plantas de hissopo.

Assim, a aplicação do adubo orgânico pode aumentar ou diminuir a disponibilidade dos metais pesados no solo, dependendo da estabilidade do composto e do caminho de sua mineralização ainda no solo, o que, por sua vez, pode variar em diferentes solos (DURING & GATE, 2002).

Conclusões

A adubação orgânica promoveu o aumento do acúmulo dos nutrientes P, Ca, Mg e Fe, sendo que, juntamente com o N, favorece a produção de matéria seca. A adubação mineral proporcionou maiores teores de Zn e Mn na parte aérea das plantas de hissopo.

Para o metal pesado tóxico Pb, apesar de não diferir estatisticamente entre os tipos de fertilizantes avaliados, a aplicação contínua das fontes de adubos a campo pode vir a promover acúmulo deste metal no solo, sendo necessário outras pesquisas envolvendo mais ciclos da cultura do hissopo, visando a avaliar o efeito cumulativo deste metal pesado, assim como Cd e Cr.

Referências

ANGELINI, G.; CARPANESE, G.; CIONI, P. L.; MORELLI, I.; MACCHIA, M.; FLAMINI, G.; Essential oils from Mediterranean lamiaceae as weed germination inhibitors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Easton, v.51, n.21, p.6158-6164, 2003.

AOAC. **Official methods of analysis**. 18 ed. Maryland: AOAC, 2005.

ARMINANTE, F.; DE FALCO, E.; DE FEO, V.; DE MARTINO, L.; MANCINI, E.; QUARANTA, E.; Allelopathic activity of essential oils from Mediterranean Labiatae. **Acta Horticulturae (ISHS)**, The Hague, v.723, p.347-356, 2006.

BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C.; Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. **Suelo y Planta**, v.2, n.2, p.345-361, 1992.

BARROW, N.J. Reaction of anions and cations with variable-charge-soils. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.38, p.183-230, 1985.

BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 420**. Brasília, DF, 2009, 16p.

CARVALHO, A. C. B.; BALBINO, E. E.; MACIEL, A.; PERFEITO, J. S. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v.18, n.2, p.314-319, 2008.

CENTEC: **Produtor de plantas medicinais - Cadernos tecnológicos**. Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2.ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2004.

COELHO, M. A. O.; SEDIYAMA, T.; SOUZA, M. A.; SEDIYAMA, C. S.; RIBEIRO, A. C. Composição mineral e exportação de nutrientes pelos grãos do trigo irrigado e submetido a doses crescentes e parceladas de adubo nitrogenado. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.48, n.275, p.81-94, 2001.

COSTA, L. C. B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CORRÊA, R. M.; REIS, E. S.; ALVES, P. B.; NICULAU, E. S. Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2173-2180, 2008a.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, C.; SEVERIANO, E. C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: I - alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.32, n.4, p.1591-1599, 2008b.

DORTZBACH, D. Acúmulo de fósforo e potássio em solo adubado com dejetos suínos cultivado com milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Bento Gonçalves, v.4, n.2, p.2847-2850, 2009.

- DURING, R. A.; GÄTH, S. Utilization of municipal organic wastes in agriculture: where do we stand, where will we go? **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Madison, n.165, p.544–556, 2002.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.
- GBC Scientific Equipment. **Flame methods manual for atomic absorption by GBC Scientific Equipment**. Victoria, 1998.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.2, p. 374-381, 2007.
- GONÇALVES Jr., A. C. G.; MORAES, A. J., LINDINO, C. A.; NACKE, H.; CARVALHO, E. A. Availability of nutrients and toxic heavy metals in marigold plants. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v.34, n.4, p.451-456, 2012.
- GONÇALVES Jr., A. C. G.; SELZLEIN, C.; NACKE, H. Uso de biomassa seca de aguapé (*Eichorniacrassipes*) visando a remoção de metais pesados de soluções contaminadas. **ActaScientiarum. Technology**, Maringá, v.31, n.1, p.103-108, 2009.
- GONÇALVES Jr., A. C. LUCHESE, E. B.; LENZI, E. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo em soja, cultivada em Latossolo Vermelho Escurotratado com fertilizantes comerciais. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.2, p.173-177, 2000.
- GONÇALVES Jr., A. C.; PESSOA, A. C. S. Fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em Argissolo Vermelho Eutrófico a partir de adubos comerciais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.3, n.1-2, p.19-23, 2002.
- IMPORTADORA DE SEMENTES PARA LAVOURA-ISLA. **Catálogo 2006/2007**. Porto Alegre: Isla Sementes, 2006. 74p.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3rded. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413p.
- LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v.25, n.3, p185-190, 2009.
- NACKE, H.; GONÇALVES Jr., A. C.; SCHWANTES, D.; NAVA, I.; STREY, L.; COELHO, G. F. Availability of heavy metals (Cd, Pb and Cr) in agriculture from commercial fertilizers. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v.64, p.371-379, 2013.
- MELO, J. G. **Controle de qualidade e prioridades de conservação de plantas medicinais comercializadas no Brasil**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2007.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Processo 02000.002955/2004-69**. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processo.cf?processo=02000.002955/2004-69>. Acesso: 15 maio 2012.
- MORAES, A. J. **Disponibilidade de nutrientes e metais pesados tóxicos em plantas medicinais cultivadas em solos de diferentes texturas e sob diferentes condições de adubação**. 2010. 89f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Cascavel, 2010.
- OMIDBAIGI, R. **Production and processing of medicinal plants**. Tehram: Astan Quids Publication, 2000. v.3, p.26-36.
- OZORES-HAMPTON, M.; STANSLY, P. A.; OBREZA, T. A.. Heavy metal accumulation in sandy soil and in pepper fruit following long-term application of organicamendments. **Compost Science and Utilization**. v.13, p.60–64, 2005.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M. **Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade**; Londrina: IAPAR, 1992.(Circular, 76).
- PAULA Jr., D. **Ofício 2147/09-MP-PJCS-UMA**. Disponível em http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/F4582B1/Of2147-09-MP-PJCS-UMA_7maio09.pdf. Acesso em: 15 maio 2012.

- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.68-78, 2004.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. p.93-95 (Boletim Técnico, 100).
- RAMOS, M. C. Metals in vineyard soils of the Penedès area (NE Spain) after compost application. **Journal of Environmental Management**, v.78, n.3, p.209–215. 2006.
- SCHELLE, E. **Fundamentos científicos da nutrição vegetal na agricultura ecológica**. Botucatu: ABD. 78p. 2000.
- SEIDEL, E. P.; GONÇALVES Jr., A. C.; VANIN, J. P.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; NACKE, H. Aplicação de dejetos suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v.32, n.2, p.113-117, 2010.
- SHWANTZ, M.; FERREIRA, J. J.; FRÖEHLICH, P.; ZUANAZZI, J. A. S.; HENRIQUES, A. T. Análise de metais pesados em amostras de *Peumus boldus* Mol. (Monimiaceae). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v.1, n.18, p.98-101, 2008.
- SINHA, S.; GUPTA, A. K. Translocation of metals from fly ash amended soil in the plant of *Sesbania cannabina* L. Ritz: effect on antioxidants. **Chemosphere**, Oxford, v.61, n.8, p.1204-1214, 2005.
- SOUZA, M. A. A.; ARAÚJO, O.; FERREIRA, M. A.; STARK, E. M.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Produção de biomassa e óleo essencial de hortelã em hidroponia em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.41-48, 2007.
- VARJABEDIAN, R.; LEITE, C. B. B. **Ofício 1029/2009 – PGJ/CAO**. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/F4582B1/ConsideracoesMinisPublSaoPaulo.pdf> >. Acesso em: 15 maio 2012.
- VEIGA Jr., V. F., PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura? **Química Nova**, São Paulo, v.28, n.3, p.519-528, 2005.
- WANG, H.; JIA, Y.; WANG, S.; ZHU, H.; WU, X.. Bioavailability of cadmium adsorbed on various oxides minerals to wetland plant species *Phragmites australis*. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v.167, p.641–646, 2009.
- WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic absorption spectrometry**. 2nd ed. Weinheim: Wiley- VCH, 1999.
- ZHELJAZKOV, V. D.; WARMAN, P. R. Phytoavailability and fractionation of copper, manganese and zinc in soil following application of two composts to four crops. **Environmental Pollution**, London, v.31, n.2, p.187–195, 2004.