

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ELEMENTOS-TRAÇO EM ADUBOS ORGÂNICOS, SOLOS E PLANTAS EM  
ÁREAS DE PRODUÇÃO OLERÍCOLA**

**Rogério Otávio Schmidt**  
(Dissertação)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**ELEMENTOS-TRAÇO EM ADUBOS ORGÂNICOS, SOLOS E PLANTAS EM  
ÁREAS DE PRODUÇÃO OLERÍCOLA**

**ROGÉRIO OTÁVIO SCHMIDT**  
Engenheiro Agrônomo (UFRGS)

Dissertação apresentada como  
um dos requisitos à obtenção do  
Grau de Mestre em Ciência do Solo.

Porto Alegre (RS) Brasil  
Março de 2013

### CIP - Catalogação na Publicação

SCHMIDT, ROGÉRIO OTÁVIO  
ELEMENTOS-TRAÇO EM ADUBOS ORGÂNICOS, SOLOS E  
PLANTAS EM ÁREAS DE PRODUÇÃO OLERÍCOLA / ROGÉRIO  
OTÁVIO SCHMIDT. -- 2013.  
90 f.

Orientador: EGON JOSÉ MEURER.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa  
de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-  
RS, 2013.

1. METAIS PESADOS. 2. Lactuca sativa. 3. ACÚMULO.  
4. CAMA DE AVES. 5. MONITORAMENTO. I. MEURER, EGON  
JOSÉ, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ROGÉRIO OTÁVIO SCHMIDT  
Engenheiro Agrônomo – UFRGS

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

Faculdade de Agronomia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

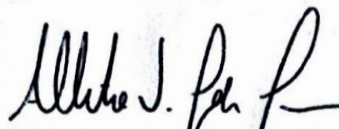
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 08.03.2013  
Pela Banca Examinadora




EGON JOSÉ MEURER  
Orientador-Departamento de Solos/UFRGS


Homologado em: 14.05.2013  
Por




ALBERTO V. IMDA JUNIOR  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Ciência do Solo




CARLOS ALBERTO BISSANI  
Departamento de Solos/UFRGS



MAGNÓLIA APARECIDA SILVA DA SILVA  
Departamento de Horticultura  
e Silvicultura/UFRGS



MARCELO BIASSUSI  
EMATER, RS



PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de Agronomia

*“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”.*  
(Albert Einstein)

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Otávio Felício Schmidt e Dulce Schmidt e aos meus irmãos Adriano Ivan Schmidt, Ângela Ieda Schmidt, Leandro Ivanir Schmidt, Luciane Inês Schmidt e Alexandre André Schmidt, por todo apoio, carinho e incentivo que me deram.

Aos meus avós Edvin Schmidt, Vera Schmidt, Werno Michel e Lilly Michel *in memoriam*.

À minha esposa Marcia Schneider, pelo amor, compreensão e companheirismo em todos os momentos.

Ao professor Egon José Meurer, com quem tive a oportunidade de trabalhar por mais de três anos como bolsista de iniciação científica, que me concedeu a oportunidade de dar mais este importante passo em minha carreira profissional sob sua orientação, amizade e respeito.

À Emater/ASCAR RS pelo apoio na intermediação e execução do projeto junto aos produtores rurais. Aos extensionistas da Emater/ASCAR RS, Tec. Agr. Carlos Roberto da Rocha e Eng. Agr. Dr. Marcelo Biassusi, por todo o apoio que deram na interlocução com os produtores e a troca de informações, possibilitando todo o desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Paulo César do Nascimento, por todo o apoio na identificação dos solos ocorrentes nas propriedades.

Ao servidor Adão Luis Ramos dos Santos; aos bolsistas Diego Cecagno, Fabrício Ballerini, Tamires Nunes de Almeida; aos colegas Fernando Arnutti, Rosele Clairete dos Santos, Christina Venzke Simões de Lima, Clarissa de Souza Borges e Fernanda Roberta Pereira Tatsch, pela amizade e ajuda na execução do trabalho.

A todos os professores, colegas e amigos do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, pela amizade, companheirismo e apoio.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À FEEVALE, pelo apoio na determinação dos metais.

# ELEMENTOS-TRAÇO EM ADUBOS ORGÂNICOS, SOLOS E PLANTAS EM ÁREAS DE PRODUÇÃO OLERÍCOLA<sup>1</sup>

Autor: Rogério Otávio Schmidt

Orientador: Prof. Egon José Meurer

## RESUMO

O uso intensivo do solo para a produção olerícola com a utilização contínua de fertilizantes orgânicos e minerais pode aumentar o teor de elementos-traço (ETs) no solo e nas plantas. Assim, o objetivo desta pesquisa foi o de quantificar os teores de Cd, Cr, e Pb em amostras de fertilizantes orgânicos, de solos e de plantas de alface de áreas de produção olerícola localizadas nos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo / Rio Grande do Sul. A maioria das amostras de fertilizantes orgânicos não apresentou teor de ETs acima do limite máximo estabelecido para utilização na produção agrícola. Entretanto, três amostras oriundas das áreas de cultivo organomineral apresentaram teor de Cr acima do limite máximo de 200 mg kg<sup>-1</sup>. Os teores de Cd, Cr e Pb em nenhuma das áreas de produção olerícola estiveram acima dos limites de prevenção estabelecido pelo CONAMA. A maioria das amostras de alface não apresentou teor de Pb acima do limite máximo de 7,1 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca, considerado seguro para o consumo humano. Porém, foi verificado cinco amostras de alface com o teor de Pb acima do limite, duas em áreas de cultivo organomineral e três em áreas de cultivo orgânico. Em nenhuma das amostras de alface não se encontrou teor de Cd acima do limite seguro para o consumo humano.

**Palavras-chaves:** Metais pesados, *Lactuca sativa*, acúmulo, cama de aves.

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (75 p.) Março, 2013. Trabalho realizado com apoio financeiro do CNPQ, e apoio da EMATER/ASCAR RS e da Universidade FEEVALE.

## TRACE ELEMENTS IN ORGANIC FERTILIZER, SOILS AND PLANTS IN AREAS OF PRODUCTION VEGETABLE CROP <sup>2</sup>

Author: Rogério Otávio Schmidt  
Adviser: Prof. Egon José Meurer

### **ABSTRACT**

The intensive use of soil for vegetable crop production with continued use of organic and mineral fertilizers can increase the content of trace elements (ETs) in soil and plants. The objective of this research was to quantify the levels of Cd, Cr, and Pb in samples of organic fertilizers, soil and lettuce in areas located in Novo Hamburgo and St. Leopoldo counties of Rio Grande do Sul. Most samples of organic fertilizer showed no ETs above the limit for use in agricultural production. However, three samples from the growing areas Organomineral showed Cr content above the limit of 200 mg kg<sup>-1</sup>. The concentrations of Cd, Cr and Pb in any area were greater than the prevention limit established by CONAMA. Most lettuce samples showed no Pb content above the maximum limit of 7.1 mg kg<sup>-1</sup> dry weight, considered safe for human consumption. However, it was found five samples of lettuce with Pb content above the limit, in two organomineral areas and in three areas of organic farming. The Cd content in any of the lettuce samples was above the limit considered safe for human consumption.

**Keywords:** Heavy metals, *Lactuca sativa*, accumulation, poultry litter.

---

<sup>2</sup> Master of Science Dissertation in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (of 75 p.) March, 2013. Work carried out with financial support from CNPQ, and support EMATER/ASCAR RS and Universidade FEEVALE.



## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	3
2.1 Elementos-traço em fertilizantes orgânicos .....	3
2.2 Biodisponibilidade de elementos-traço.....	5
2.2.1 Cádmio .....	6
2.2.2 Cromo.....	7
2.2.3 Chumbo.....	8
2.2.4 Cobre, manganês e zinco.....	9
2.3 Sistemas de produção de olerícolas.....	10
2.4 Elementos-traço em alface .....	11
<b>3. HIPÓTESE E OBJETIVO</b> .....	14
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
4.1 Caracterização da região de estudo .....	15
4.2 Amostragem e análises dos fertilizantes orgânicos .....	16
4.3 Amostragem e análises de solos e plantas .....	17
4.4 Condições de clima, solo e vegetação .....	18
4.5 Análise estatística.....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
5.1 Teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn nos fertilizantes orgânicos .....	24
5.2 Estado atual de fertilidade das áreas de produção .....	28
5.3 Teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn nos solos .....	34
5.4 Teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn nas plantas de alface .....	40
5.5 Considerações finais .....	54
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	55
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	56
<b>8. APÊNDICES</b> .....	67

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1 Limite máximo de As, Cd, Pb, Cr (total), Cr (VI), Cu e Zn na massa seca permitidos nos diferentes fertilizantes orgânicos .....	4
2 Coordenadas de localização geográfica, Município em que se localiza a propriedade e classe de solo das áreas de produção .....	21
3 Teores de areia, silte, argila e classe textural das amostras de solo .....	22
4 Valores de densidade, pH <sub>CaCl2</sub> , pH <sub>H2O</sub> e teores de carbono orgânico, P, K, Ca e Mg na massa seca das amostras de fertilizantes orgânicos utilizados nos cultivos orgânico e organomineral.....	25
5 Valor de poder de neutralização (PN), e teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn na massa seca das amostras de fertilizantes orgânicos.....	26
6 Teores de CO, P, K, Ca, Mg, Cu e Zn extraíveis por HCl 0,1 mol L <sup>-1</sup> , e Mn extraível por Mehlich-1 no solo .....	30
7 Valores de pH H <sub>2O</sub> , pH CaCl <sub>2</sub> , índice SMP, H+Al, soma de bases (S), CTC pH 7.0, CTC efetiva e saturação por bases (V) e teores de Al <sup>3+</sup> e Na <sup>+</sup> trocáveis das amostras de solo.....	32
8 Concentração de Cd nas amostras de solo .....	35
9 Número total de amostras coletadas e teores médios de P, K, Ca e Mg na massa seca da parte aérea das amostras de plantas de alface .....	41
10 Teores de Cd e Cr na massa seca da parte aérea em amostras de plantas de alface em cultivo orgânico e organomineral .....	42
11 Teores de Cu e Mn na massa seca da parte aérea em amostras de plantas de alface em cultivo orgânico e organomineral .....	45

<b>12</b>	Teores de Pb e Zn na massa seca da parte aérea em amostras de plantas de alface em cultivos orgânico e organomineral .....	48
<b>13</b>	Acúmulo e distribuição dos teores médios de Cd e Cr na parte aérea e raiz das plantas de alface .....	51
<b>14</b>	Acúmulo e distribuição dos teores de Cu e Mn na parte aérea e raiz das plantas de alface.....	52
<b>15</b>	Acúmulo e distribuição dos teores de Pb e Zn na parte aérea e raiz das plantas de alface.....	53

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1 Perfil do solo e paisagem de Argissolo Vermelho em Lomba Grande, Novo Hamburgo – RS (Fotos do Autor).....	19
2 Perfil do solo e paisagem de Planossolo Háplico em Lomba Grande, Novo Hamburgo – RS (Fotos do Autor).....	19
3 Perfil do solo e paisagem de Nitossolo Vermelho em Lomba Grande, Novo Hamburgo – RS (Fotos do Autor).....	20
4 Mapa de localização geográfica das propriedades (Fonte: Google Earth); AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral.....	20
5 A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t $p < 0,05$ entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Cr determinado conforme método EPA 3050b; valor de prevenção, segundo resolução n° 420 do CONAMA (2009).....	36
6 A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t $p < 0,05$ entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Cu	

	determinado conforme método EPA 3050b; valor de prevenção, segundo resolução n° 420 do CONAMA (2009).....	37
<b>7</b>	A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t $p < 0,05$ entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Mn determinado conforme método EPA 3050b.....	38
<b>8</b>	A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t $p < 0,05$ entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Pb determinado conforme método EPA 3050b; valor de prevenção, segundo resolução n° 420 do CONAMA (2009).....	39
<b>9</b>	A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t $p < 0,05$ entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Zn determinado conforme método EPA 3050b; valor de prevenção, segundo resolução n° 420 do CONAMA (2009).....	40

## RELAÇÃO DE APÊNDICES

Página

<b>1</b>	Tempo de cultivo, quantidade de fertilizante orgânico e mineral aplicado e vegetação ocorrente nas áreas de referência das propriedades de produção olerícola .....	68
<b>2</b>	Valores de “r” e “p” das análises de correlação de Pearson entre os teores de Cr e Mn no solo e nas plantas com os demais atributos químicos do solo, plantas e teor de argila .....	69
<b>3</b>	Valores de “r” e “p” das análises de correlação de Pearson entre os teores de Cu e Zn no solo e nas plantas com os demais atributos químicos do solo, plantas e teor de argila .....	70
<b>4</b>	Valores de “r” e “p” das análises de correlação de Pearson entre os teores de Pb e Cd no solo e nas plantas com os demais atributos químicos do solo, plantas e teor de argila .....	71
<b>5</b>	Acúmulo e distribuição dos teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn na massa seca da parte aérea e na raiz das amostras de plantas de alface.....	72
<b>6</b>	Concentrações de Cr, Cu, Mn, Pb e Zn nas amostras de solo .....	75

## 1. INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm sido realizados para avaliar elementos-traço (ETs) em solos e plantas sob diferentes sistemas de produção agrícola. Os ETs estão presentes naturalmente no ambiente em concentrações menores do que 0,1% na litosfera. Os ETs não são biologicamente degradáveis como os compostos orgânicos, podendo assim se acumular nos solos utilizados para agricultura, em concentrações suficientemente altas, prejudicando os organismos vivos. Dentre os ETs, os mais problemáticos para o ambiente e a saúde humana são o arsênio, o cádmio e o chumbo. O uso intensivo do solo para a produção agrícola com o emprego de fertilizantes orgânicos e minerais pode aumentar as concentrações no solo destes e de outros elementos, como o cobre, o cromo, o manganês e o zinco e, por conseguinte, transferirem-se para as plantas cultivadas nas áreas de produção.

A olericultura é uma das atividades de produção agrícola de maior risco de acúmulo de ETs no solo, devido à intensa aplicação de fertilizantes orgânicos, minerais e agroquímicos ao solo. Na região do Vale dos Sinos, os sistemas de cultivos de olerícolas mais utilizados são o orgânico e o organomineral. Estes sistemas diferem em diversos aspectos, dentre eles, o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, a adubação e a intensidade de cultivo. Quanto ao controle de pragas e doenças, o sistema de produção orgânico utiliza caldas bordalesa, sulfocálcica e à base de produtos naturais, além de capina, cobertura morta e "*mulching*" para controle de plantas daninhas. O sistema organomineral utiliza agroquímicos no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, além de capina mecânica e "*mulching*" no controle de plantas daninhas. Ambos os sistemas utilizam como fonte principal de adubação orgânica a cama de aves; No sistema organomineral é utilizado, também, fertilizante mineral na adubação das culturas.

Outros trabalhos também sido realizados visando monitorar o acúmulo de elementos-traço no ambiente. No Brasil, as Universidades Federais de Lavras (UFLA) e do Rio Grande do Sul (UFRGS) participam com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com o CNPq e com a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), de um projeto em âmbito nacional (Edital CNPq/MAPA/SDA n° 64/2008), que tem, entre outros objetivos, determinar os teores de ETs em solos e plantas sob diversos sistemas produtivos.

Este trabalho foi realizado nas zonas rurais dos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo do Rio Grande do Sul. As propriedades rurais localizadas nestes municípios cultivam espécies olerícolas há tempos; em algumas propriedades, há mais de 25 anos. Devido a este longo tempo de intensiva utilização do solo para produção hortícola, o solo das áreas de cultivo de olerícolas e as plantas, podem estar com teor de ETs acima do recomendado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS) respectivamente.

Esta pesquisa foi realizada considerando a importância da produção olerícola na região do Vale dos Sinos, tanto do ponto de vista econômico como do ambiental. As áreas de produção avaliadas nos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo abastecem o mercado consumidor de ambos os municípios, e da rede escolar da região.



## **2. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

Vários trabalhos têm sido realizados com o intuito de mensurar o teor de elementos-traço (ETs) em fertilizantes orgânicos e minerais, solos e plantas. Elementos-traço estão presentes naturalmente nos solos, nas plantas e nos fertilizantes. O termo elemento-traço (ET) tem sido usado para definir metais catiônicos e aniônicos presentes em baixas concentrações em fertilizantes orgânicos e minerais, solos e plantas (Sparks, 2003).

### **2.1 Elementos-traço em fertilizantes orgânicos**

O uso crescente e intensivo de fertilizantes orgânicos de origem animal e vegetal, ou de resíduos de indústrias, tem exigido atenção quanto à utilização segura destes materiais na agricultura (Marchi et al., 2009). Os fertilizantes orgânicos podem apresentar em sua composição elementos-traço (ETs), e sua aplicação continuada na lavoura, podem resultar no seu acúmulo no solo e conseqüente transferência para a cadeia trófica. Diversos trabalhos tem avaliado o teor de ETs em fertilizantes orgânicos e seus teores são muito variáveis e dependentes do sistema de produção animal do qual é originado. Bissani et al. (2004) citam que os teores de nutrientes e ETs em fertilizantes orgânicos provenientes de criação de frangos, dependem do sistema de criação, número de lotes de frangos e manejo dos animais. Luo et al. (2009) observaram que o teor médio de metais das camas de aves utilizadas na agricultura da China foram de 3,4 mg para o Cd, 46 mg para o Cr, 102 mg para o Cu, 20,6 mg para o Pb e 308 mg para o Zn, por kg de massa seca. Entretanto, nem todo o teor de ETs presente no fertilizante, está disponível para as plantas. A maior parte do Pb e Cu na cama de aves encontra-se na fração residual, e a segunda maior na fração extraível pelo agente complexante

EDTA, e os teores de Mn e Zn encontram-se mais de um terço na fração extraível por EDTA (Faridullah et al., 2009). A fração extraível por EDTA corresponde à soma das frações trocável, ligada a carbonatos e à matéria orgânica (Gonçalves, 2009), as quais não são prontamente disponíveis para as plantas. Embora os ETs dos fertilizantes orgânicos não estejam completamente disponíveis para as plantas, os mesmos podem se acumular no solo, e tornarem-se disponíveis para as plantas. Khai et al. (2008), em estudo o qual aplicaram doses crescentes de cama de aves de até 90 t ha<sup>-1</sup>, constataram que os teores de Cd, Cu, Pb e Zn extraíveis por EDTA no solo, aumentaram com as doses crescentes de cama de aves aplicadas ao solo. Machado et al. (2008), observaram que a concentração de chumbo em alface adubada com cama de aves, na dose única de 20 t ha<sup>-1</sup>, ficou acima do limite máximo estabelecido pelo *Codex Alimentarius* (FAO/WHO, 1995). O *Codex Alimentarius* é uma comissão criada pela Food and Agriculture (FAO) e a Organização Mundial de Saúde (OMS), a qual estabelece por meio do *Codex General Standard for contaminants and toxins in foods* (CODEX STAN 193-1995), valores máximos admissíveis de ETs para diversos grupos de alimentos.

Para delimitar e normatizar os fertilizantes orgânicos quanto aos teores de ETs, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 2006; 2007; 2011a; 2011b) separou os fertilizantes orgânicos quanto ao uso (Tabela 1).

**Tabela 1.** Limite máximo de As, Cd, Pb, Cr (total), Cr (VI), Cu e Zn na massa seca permitidos nos diferentes fertilizantes orgânicos

Elemento	Substrato <sup>1</sup>	Fertilizante Orgânico	
		Geral <sup>2</sup>	Certificada <sup>3</sup>
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
Arsênio	20	20	20
Cádmio	8	3	0,7
Chumbo	300	150	45
Cromo (total)	500	200	70
Cromo (VI)	SL	SL	0,0
Cobre	SL	SL	70
Zinco	SL	SL	200

<sup>1</sup> Limite máximo de contaminantes admitidos em substrato para plantas e condicionadores de solo (Instrução Normativa (IN) 27); <sup>2</sup> Limite máximo de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos para uso na produção agrícola em geral (IN 27; IN 24); <sup>3</sup> Limite máximo de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos destinados para produção orgânica certificada (IN 46; INI 28); SL = sem limite estabelecido pela instrução normativa.

Os limites máximos de teores de Cd, Cr (total), Cu, Pb e Zn diferem nos fertilizantes quanto ao seu destino (Tabela 1). Fertilizantes orgânicos destinados à produção orgânica certificada apresentam limites máximos de ETs menores do que os demais, ao passo que, os destinados à produção agrícola em geral ou como substrato não apresentam limite máximo de Cu e Zn, podendo-se utilizar camas de aves oriundas de criação intensiva, as quais apresentam teores de Cu e Zn bem acima do limite máximo estabelecido para os fertilizantes orgânicos destinados à produção orgânica certificada (Brasil, 2006; 2007; 2011). Na Espanha, os fertilizantes são separados por classes A, B e C, sendo que os fertilizantes da classe C têm sua dosagem máxima limitada em 5 t ha<sup>-1</sup> (Barral & Paradelo, 2011). Os fertilizantes da classe C espanhola equivalem-se aos fertilizantes orgânicos destinados para a agricultura em geral estabelecido na IN 27 (Brasil, 2006) e da classe C da IN 24 (Brasil, 2007).

## **2.2 Biodisponibilidade de elementos-traço no solo**

O grupo dos chamados elementos-traço (ETs) inclui metais e não metais, como: As, Be, Sb, Cd, Cr, Cu, Mn, Pb, Hg, Ni, Se, Ag, Ti e Zn (McBride, 1994). O teor total de ETs não pode ser utilizado como índice para estimar a sua biodisponibilidade em solos, visto que somente as formas solúveis e trocáveis é que estão disponíveis para absorção pelas raízes das plantas. A biodisponibilidade dos ETs é influenciada por vários fatores do solo, dentre eles: a textura do solo, o pH, o potencial redox (Eh), o teor de matéria orgânica (MOS), a capacidade de troca de cátions (CTC) e os teores de óxidos de Fe, Al e Mn (Kabata-Pendias & Murkherjee, 2007; Hooda, 2010). Tais fatores controlam as concentrações de íons metálicos e complexos na solução do solo e exercem influência na absorção destes pelas plantas (Sposito et al., 1982; McLean & Bledsoe, 1992). A absorção e a disponibilidade dos ETs às plantas é dependente da quantidade total de elementos disponíveis na solução (fator quantidade), da atividade dos íons na solução do solo (fator intensidade) e da taxa de transferência do elemento da fase sólida às fases líquidas e às raízes da planta (Brümmer et al., 1986). McBride (1994) afirma que a disponibilidade dos ETs depende de vários fatores do solo, como: formação de complexos com

a matéria orgânica, quimiossorção em minerais e formação de precipitados insolúveis com carbonatos, fosfatos e óxidos.

Um fator importante na disponibilidade dos ETs no solo é o teor de argila, que influencia em maior ou menor magnitude, dependendo da maior ou menor concentração de óxidos de ferro, alumínio e manganês em sua composição (Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007; Hooda, 2010). Outro fator importante é o teor de matéria orgânica (MOS), o qual pode formar complexos com os ETs no solo. O aumento do teor de M.O. no solo, diminui a disponibilidade dos ETs para as plantas (Violante et al., 2002). A complexação dos elementos-traço pela matéria orgânica, segundo Staunton (2002) dependendo da natureza da matéria orgânica, dos componentes do solo e da química dos metais. Os mecanismos de interação da MOS com os metais incluem adsorção física, forças de van der Wals, interações eletrostáticas e adsorção química (Sparks, 2003). Costa (2005) cita também que os ETs na forma solúvel ou trocável podem formar complexos com ânions inorgânicos e ligantes orgânicos (biomoléculas e ácidos fúlvicos) de baixo peso molecular.

### **2.2.1 Cádmi**

O cádmio (Cd) não apresenta nenhuma função específica para plantas e animais. No ser humano, o excesso de Cd resulta em diversos problemas de saúde, como: câncer, hiperglicemia e problemas nos rins (Schroeder & Balassa, 1961). Plantas cultivadas em uma área contaminada por Cd podem acumular Cd acima do limite considerado seguro para a saúde humana. Nesse contexto, Tavares e Carvalho (1992) afirmam que cerca de 5% do Cd ingerido é absorvido pelo trato gastrointestinal e a metade do Cd se deposita nos rins, permanecendo no organismo humano por até 10 anos.

Nas plantas, o mecanismo de troca, translocação e deposição de Cd na parte aérea ocorre na forma de complexos metal-orgânicos. Este processo de acúmulo e transporte é regulado pelos tecidos vasculares da planta. Nas raízes, a disponibilização e absorção do Cd são precedidas pela acidificação e liberação de exsudatos pelas raízes das plantas. Após absorvido, o Cd deve passar por inúmeras barreiras celulares que o impedem de atingir frutos e

sementes na maioria das plantas, acumulando-se principalmente nas raízes e folhas (Hasan et al., 2009).

No solo, diferentemente do Cr e do Pb, o Cd se encontra predominantemente sob formas trocáveis, podendo ser mais facilmente absorvido pelas plantas. Os principais fatores que afetam a biodisponibilidade do cádmio no solo são: o pH, a CTC, o teor de argila, o teor de MOS e o teor dos nutrientes no solo (Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007; Hasan et al., 2009; Hooda, 2010). Segundo McBride (1994), a retenção do Cd, na maior parte, ocorre por meio de força eletrostática das partículas com carga de superfície negativa, tornando-se altamente dependente da CTC do solo. A adsorção de Cd no solo também é afetada pelo pH e pela atividade microbiana no solo. Ou seja, quanto maior o pH, maior a atividade microbiana do solo, a qual libera compostos orgânicos que diminuem a disponibilidade do Cd no solo (Sparks, 2003). Além dos fatores anteriormente citados, Hasan et al. (2009) afirmam que, em condição de alto teor de Zn disponível no solo, a interação que ocorre entre Zn e Cd passa a ser antagonista, diminuindo a absorção de Cd pela planta.

### **2.2.2 Cromo**

O cromo trivalente (Cr III) é importante na dieta de animais e humanos, estando relacionado com o metabolismo da glicose, lipídeos e proteínas (Matos et al., 2008; Strachan, 2010). Também faz parte do fator de tolerância à lactose, beneficiando o mecanismo de regulação do açúcar sanguíneo (Bielicka et al., 2005). No entanto, o excesso de Cr(III) pode resultar em hepatite, gastrite, úlcera e tumores, além de danos aos rins, fígado e pulmões (Al-Chaarani et al., 2009; Ying-Ping et al., 2011). Já o Cr(VI) é tóxico, carcinogênico e mutagênico para animais e humanos (Matos et al., 2008; Ying-Ping et al., 2011).

Nas plantas, o Cr não apresenta nenhuma função específica, assim como outros elementos-traço. A absorção de Cr(III) e Cr(VI) pelas plantas é diferente. A principal forma de Cr absorvida pelas plantas é o cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ). Para o Cr ser absorvido pela planta, primeiramente, o Cr(III) deve ser

convertido em  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Este processo é fundamental para a planta absorver o cromo (Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007). O Cr absorvido nas raízes é translocado para a parte aérea da planta, principalmente via sistema de transporte de sulfato (Cervantes et al., 2001).

Os estados de oxidação do Cr mais comuns no ambiente são o Cr(III) e Cr(VI) (Hooda, 2010). O Cr(VI) é relativamente móvel no solo, ao passo que o Cr(III) é pouco móvel, podendo ser fortemente adsorvido aos colóides do solo (McBRIDE, 1994; Costa et al., 2006). A biodisponibilidade do Cr no solo é influenciada por diversos fatores, entre eles: o teor de óxidos de ferro, manganês e alumínio, tipo de solo, teor de matéria orgânica e, principalmente, pelo pH do solo (Bielicka et al., 2005; Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007). O Cr(VI), que é a forma mais tóxica e prejudicial ao ambiente, é facilmente reduzido a Cr(III) na presença de agentes redutores. Posteriormente, o Cr(III) pode formar complexos com compostos orgânicos, como o ácido húmico do solo (McBride, 1994; Sparks, 2003; Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007). No entanto, segundo Ying-ping (2011), bactérias podem decompor estes compostos em polímeros menores, disponibilizando o cromo para as plantas.

### **2.2.3 Chumbo**

O chumbo (Pb) não apresenta nenhuma função conhecida nas plantas e nos animais. No ser humano, o Pb resulta em diversos problemas de saúde, como: encefalopatia, paralisia do sistema nervoso periférico, problema no nervo óptico e no sistema auditivo, anemia, redução do crescimento nas crianças, doenças renais progressivas, câncer e cólicas (Moreira & Moreira, 2004). Do Pb consumido via alimento, 42% é absorvido e deste cerca de 32 % pode ser retido pelo organismo (Ziegler et al., 1978). Tavares e Carvalho (1992) afirmam que a absorção de Pb no trato gastrointestinal é de 15 a 20% em adultos e de 50% em crianças. Do Pb absorvido, cerca de 90% se deposita nos ossos, podendo permanecer retido no organismo por até 20 anos.

Nas plantas, a absorção passiva do Pb pela raiz é bastante baixa. A sua transferência para a parte aérea é muito limitada, tendendo a se acumular

nas raízes. A mobilização do Pb do solo para as plantas é geralmente lenta, mas alguns parâmetros do solo, tais como o aumento da acidez e a formação de complexos de Pb-orgânico podem aumentar a sua solubilidade, aumentando a sua biodisponibilidade (Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007).

No ambiente, o Pb se apresenta nas formas pouco disponíveis, estando a maior parte adsorvido aos colóides do solo. O principal estado de oxidação que o Pb ocorre no solo é o Pb(II). Os principais fatores que afetam a biodisponibilidade do Pb no solo são: o tipo de solo, o conteúdo de MOS, o teor de argila, a CTC e o pH do solo. Dentre esses fatores, a MOS é citada como a mais importante na sua disponibilidade (McBride, 1994; Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007). Pierangeli et al. (2007) afirmam que a adsorção do Cu e do Pb, com os colóides do solo ocorre em sítios específicos e menos dependentes das cargas superficiais do solo.

#### **2.2.4 Cobre, manganês e zinco**

No ser humano, o Cu é um componente essencial para o funcionamento de enzimas, coenzimas, síntese do colágeno, sistema imune. entre outras funções. O Mn é necessário para o metabolismo de carboidratos e o Zn faz parte de 200 enzimas importantes do sistema imune, com funções catalíticas e estruturais no metabolismo do organismo humano (Strachan, 2010).

O cobre (Cu), o Manganês (Mn) e o zinco (Zn) são micronutrientes importantes para as plantas e animais, e atuam em processos vitais em diversos ciclos biológicos.

Nas plantas, o Cu atua em diversas enzimas na planta, além do processo de transporte de elétrons e lignificação da parede celular das células da planta. O Mn é essencial em diversos processos, como a fotossíntese, participando do complexo que realiza a dissociação da água no fotossistema II. O Zn é essencial para a síntese do triptofano (precursor do ácido indolacético – AIA) e para o metabolismo da planta (Motta et al., 2007).

O Cu e o Zn ocorrem no solo como cátions divalentes Cu(II) e Zn(II). O Mn ocorre nos estados de oxidação +2, +3 e +4 (McBride, 1994). Os

principais fatores que afetam a disponibilidade do Cu, do Mn e do Zn no solo são: o pH, o teor de matéria orgânica, de argila e de óxidos. Para o Cu e o Zn, o teor de carbonatos pode limitar a disponibilidade de ambos no solo; a disponibilidade do Zn pode ser afetada pelo teor de fósforo no solo (McBride, 1994; Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007).

### **2.3 Sistemas de produção de olerícolas**

Os sistemas de produção de alface mais comuns na região do Vale dos Sinos são: o orgânico e o organomineral.

O sistema de produção orgânico, segundo a Lei 10.831 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que dispõe sobre a agricultura orgânica, é: “todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente”. Segundo a mesma Lei, o conceito de sistema de produção agropecuário orgânico abrange os sistemas denominados: ecológico, biodinâmico, natural, regenerativo, biológico, agroecológico, permacultura e outros que atendam os princípios estabelecidos por esta Lei (Brasil, 2003).

Dentre os sistemas de produção orgânica, o sistema de produção biodinâmico é caracterizado por utilizar os preparados biodinâmicos, dentre eles o preparado 500. Este é feito com esterco fresco de vacas em lactação e chifres de bovinos. Este preparado trata-se da colocação de esterco no interior de chifres de bovinos, e enterrados por seis meses; após este período, o esterco é retirado do interior dos chifres, misturado com água e aplicado ao solo para favorecer a atividade microbiana (Costa et al., 2009).



O sistema de cultivo hidropônico de alface e de outras espécies olerícolas é baseado na utilização de uma solução nutritiva, que circula continuamente em contato com as raízes. No sistema tipo “*floating*”, a cultura é mantida em bandejas de isopor colocadas em contato com uma lâmina d’água estática, sem haver contato com o solo (Cometti, 2003). Os nutrientes são disponibilizados por meio de solução nutritiva, composta por fertilizantes comerciais minerais mistos (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-Mg) e nitrato de cálcio (Costa & Leal, 2009).

O sistema de cultivo convencional é baseado na utilização de fungicidas (grupos químicos: éter mandelamida, imidazol, imidazolinona, feniluréia, dicarboximida, triazol, estrobilurina) e inseticidas (grupos químicos: piretróide, neonicotinóide, tetranortriterpenóide), e de adubação mineral (Feiden et al., 2002; MAPA / Agrofit, 2013).

Diversos trabalhos de pesquisa têm avaliado a diferença entre os sistemas de cultivo de hortaliças, utilizando vários indicadores, dentre os quais: teor de elementos-traço nas plantas, tempo de vida de prateleira dos produtos e atividade da microbiota do solo. Malavolta et al. (2003), avaliando cinco sistemas de cultivo de alface (biodinâmico, orgânico, hidropônico, organomineral e tradicional), observaram que os sistemas que apresentaram maiores teores de Cd e Pb na parte aérea de plantas de alface foram os sistemas biodinâmico e orgânico, embora em teores abaixo do limite máximo para o consumo humano. Outros pesquisadores, não têm encontrado diferença significativa no teor de ETs em olerícolas produzidas nos sistemas de produção orgânico e convencional (Mello et al., 2003; Stertz et al., 2005; Kelly & Bateman, 2010).

## **2.4 Elementos-traço em alface**

Dentre as espécies olerícolas, a alface é considerada uma das principais acumuladoras de ETs, como Zn, Cu, Pb, Cd e Ni, tendendo, em ambiente contaminado acumular nos tecidos concentrações desses elementos acima do limite máximo admitido para a alimentação humana (Santos et al., 1997; Dinardi et al., 2003; Jordão et al., 2007; Smical et al., 2008).

As principais fontes de ETs nas áreas de produção olerícola são os fertilizantes orgânicos e minerais, fungicidas e inseticidas. Dentre os fertilizantes orgânicos utilizados na produção olerícola citam-se: o esterco de gado, a cama de aves, a torta de oleaginosas, o composto de lixo urbano e o lodo de esgoto (Malavolta et al.,2003).

Limites máximos de ETs têm sido estabelecidos e discutidos por diversos órgãos governamentais nacionais e internacionais, dentre eles, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO/WHO). A ANVISA, no Decreto 55.871 de 1965, estabeleceu que os limites máximos de Cr e Cu nos alimentos *in natura* são de 0,1 e 30 mg kg<sup>-1</sup> de peso úmido, respectivamente. Varalakshmi e Ganeshamurphy (2010) afirmam que o limite de Cr seguro nos alimentos é de 20 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. A portaria n° 685 da ANVISA (1998) não define limite máximo de Cr nos alimentos, mas define que o limite máximo de Cu nas frutas, hortaliças e sementes *in natura* é de 10 mg kg<sup>-1</sup> de peso úmido. E a consulta pública n° 55 (2011), define que o limite de Cu em produtos agrícolas *in natura* em que agrotóxicos a base de cobre tenham sido autorizados é de 10 mg kg<sup>-1</sup>. Entretanto, a mesma consulta pública não define limite de Cr para alimentos em geral, definindo limite de Cr apenas para gelatinas e produtos que contenham gelatina prontos para consumo em 0,1 mg kg<sup>-1</sup>. Portanto, dependendo da legislação, os valores máximos diferem, causando divergência na discussão dos resultados obtidos por vários autores quanto à confirmação da contaminação ou não dos alimentos. Na legislação estabelecida pela Organização Mundial da Saúde (FAO/WHO, 1995), por meio do *CODEX Alimentarius* n° 193, os teores de Cr, Cu, Mn e Zn não são limitados nos alimentos, por que segundo a comissão do *CODEX*, estes elementos são importantes na alimentação humana, e não apresentam nenhuma importância para a saúde pública. No entanto, embora a FAO/WHO, no *CODEX Alimentarius* (2012), não tenha estabelecido limite máximo de Cr nos alimentos, a comissão permanente de avaliação científica da ingestão dietética de referência da Academia Nacional Americana (Standing..., 2001) definiu que o consumo diário de Cr deve ser de 5 a 15 µg 1.000 kcal<sup>-1</sup> em alimentos ingeridos diariamente. Bielicka et al. (2005) afirmam que o consumo diário de Cr total

para uma alimentação saudável é de 50 a 200  $\mu\text{g dia}^{-1}$ , não devendo exceder a de 200  $\mu\text{g}$  de Cr.

Quanto ao Cd e o Pb, o CODEX Alimentarius (FAO/WHO, 1995) estabelece que o limite máximo de Cd e Pb em vegetais folhosos *in natura* é de 0,2 e de 0,3  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Esses teores em massa seca equivalem a 4,8 e 7,1  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente, considerando-se que a alface pronta para o consumo humano apresenta em média 95,8% de umidade (Franco, 1987).

### **3. HIPÓTESE E OBJETIVO**

#### **Hipótese**

O uso excessivo de adubos orgânicos em áreas de produção olerícola pode acumular elementos-traço no solo e nas plantas acima dos níveis considerados como seguros para a alimentação humana.

#### **Objetivo**

Quantificar os teores de elementos-traço em adubos orgânicos, em solos e plantas em áreas de produção olerícola orgânica e organomineral em 16 propriedades localizadas nos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo/RS.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da região de estudo

Foram avaliadas 16 propriedades de produção olerícola, das quais oito sob sistema de cultivo orgânico não certificado, que utilizam apenas fertilizantes orgânicos na adubação do solo, e oito sob sistema de cultivo organomineral, que utilizam fertilizantes orgânico e mineral (fórmula 5-20-20). O trabalho foi realizado em propriedades da região do Vale dos Sinos, nos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo, no Estado do Rio Grande do Sul. Nestes municípios, a produção olerícola é voltada ao mercado consumidor local, atendendo minimercados, por meio de feiras ou na CEASA (Informações pessoais de Biassusi<sup>3</sup> (2011) e Rocha<sup>4</sup> (2011).

Os sistemas de cultivo olerícola mais utilizados nos municípios são o organomineral e o orgânico. O sistema organomineral caracteriza-se por utilizar fertilizantes orgânicos e minerais na adubação e agroquímicos no controle de plantas daninhas, pragas e doenças. No sistema orgânico, os produtores utilizam fertilizante orgânico na correção e adubação do solo, controle de plantas daninhas por capina e uso de caldas bordalesa, sulfocálcica ou à base de produtos naturais no controle de pragas e doenças. Em ambos os sistemas, há intenso revolvimento do solo e utilização do “*mulching*”, que é a cobertura do solo com plástico. O “*mulching*” visa diminuir a competição com plantas daninhas, evitar o contato direto das folhas com o solo e melhorar o ambiente para o desenvolvimento da cultura (Henz & Suinaga, 2009).

---

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr. Extensionista da Emater/ASCAR – RS, Responsável técnico do escritório da Emater/ASCAR – RS de São Leopoldo.

<sup>4</sup> Biólogo, Técnico Agrícola, Extensionista da Emater/ASCAR – RS, Responsável técnico do escritório da Emater/ASCAR – RS de Novo Hamburgo.

## 4.2 Amostragem e análises dos fertilizantes orgânicos

Foram coletadas 14 amostras de fertilizantes orgânicos. A amostragem foi feita diretamente nas pilhas, conforme metodologia da Embrapa (2009a), substituindo a sonda amostradora de fertilizante pela pá-de-corte. As amostras de fertilizante orgânico foram secas ao ar durante sete dias e, após, foram secas em estufa com ventilação forçada de ar a 65° C até peso constante. Após secagem, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Wiley e tamisadas em peneira de malha de 2 mm.

Os teores de P, K, Ca e Mg das amostras foram determinados segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Não foi determinado o teor de N nas amostras de fertilizantes orgânicos coletados nas áreas de produção devido a grande variação da condição de umidade e conservação das amostras e as perdas recorrentes do armazenamento inadequado das pilhas,.

O poder de neutralização (PN) das amostras do fertilizante orgânico foi determinado conforme metodologia adaptada de EMBRAPA (1999): pesou-se 2 g de amostra e transferiu-se para erlenmeyer de 250 mL; adicionou-se 50 mL de HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>; ferveu-se por 5 min em chapa quente a 200°C; deixou-se esfriar e, por fim, titulou-se com NaOH 0,4 mol L<sup>-1</sup> até pH 8,3.

O Decreto Nº 4.954 (BRASIL, 2004) estabelece também que deve ser determinada a densidade do fertilizante orgânico. A densidade foi determinada utilizando-se amostras secas ao ar, sem terem sido trituradas, preenchendo a proveta de 250 mL com o material do fertilizante orgânico até atingir o volume de 250 mL. O material foi então deixado cair sob a ação do seu próprio peso, de uma altura de 10 cm, por dez vezes consecutivas. Com o auxílio de uma espátula, nivelou-se a superfície levemente. Determinou-se o volume obtido e o peso da amostra contida na proveta (Fermino, 2003).

Os teores dos ETs (Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn) das amostras foram determinados segundo o método EPA 3050b (USEPA, 1996). Cada amostra de fertilizante orgânico, em que foi determinado o teor de ETs, foi avaliada em triplicata. A quantificação dos teores dos elementos estudados nos extratos foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica por chama (EAAC) para os elementos Cr, Cu, Mn, Pb e Zn e em forno de grafite (EAAFG) para Cd.

### 4.3 Amostragem e análises de solos e plantas

Nos meses de outubro e novembro de 2011 foram coletadas amostras de solo e de plantas de alface nas áreas de produção. Coletou-se também amostras de solo em áreas de referência. A área de referência é o local mais próximo possível da área de produção, a qual se situa na mesma cota ou em cota superior à área de produção, e que não esteja sendo utilizada para produção olerícola. As amostras de solos coletadas em cada propriedade foram compostas por 20 subamostras, na profundidade de 0-0,20 m e, para tal, utilizou-se pá-de-corte, conforme descrito em EMBRAPA (2009a). As amostras de referência foram coletadas com trado de rosca, devido a maior dureza do solo e presença de raízes, que impossibilitaram a correta amostragem com pá-de-corte.

Nas propriedades avaliadas coletou-se três plantas de alface por amostra, que no momento da coleta e estavam prontas para o consumo humano. As amostras de alface foram cortadas à altura de 0,02m da superfície do solo, e separadas por tipo (Americana, Lisa, Mimosa Roxa, Crespa e Mimosa Verde), parte aérea e raiz.

As amostras de solo foram homogeneizadas e secas ao ar, moídas e tamisadas em peneira de malha de 2 mm e analisadas (atributos químicos e físicos). As amostras de plantas foram secas em estufa com ventilação forçada de ar a 65°C até peso constante, e moídas em moinho de facas, tipo Wiley.

Os teores carbono orgânico, P, K, Ca trocável, Mg trocável, Cu, Mn, Zn extraíveis do solo por HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, pH H<sub>2</sub>O e índice SMP foram determinados segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Os teores de areia, silte e argila do solo foram determinados pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). Os valores de pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> e o pH<sub>KCl</sub> do solo foram determinados segundo o método descrito pela Embrapa (2009a).

Os teores de P, K, Ca e Mg da parte aérea das plantas foram determinados segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Os teores de ETs (Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn) do solo e das plantas (parte aérea e raiz) foram determinados segundo método EPA 3050b (USEPA, 1996). Cada amostra de solo e planta, em que foi determinado o teor de ETs, foi avaliada em triplicata. A quantificação dos teores dos elementos nos

extratos foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica por chama (EAAC) para os elementos Cr, Cu, Mn, Pb e Zn e em forno de grafite (EAAFGE) para Cd.

#### **4.4 Condições de clima, solo e vegetação**

A altitude em que ocorrem as propriedades em ambos os municípios varia de 57 m a mais de 200 m. O relevo da região é plano a suave ondulado. Localizam-se na região fisiográfica denominada Encosta Inferior do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (Streck et al., 2008). O clima, segundo a classificação de Köppen é Cfa, ou seja, subtropical úmido com verão quente, sem estação seca definida, com temperatura média do ar do mês mais quente  $\geq 22^{\circ}\text{C}$  (Kuinchner & Buriol, 2001). A identificação dos tipos de solo foi realizada em cortes de beira de estrada. Onde não existiam cortes, como estradas e voçorocas, a identificação foi feita por sondagens com trado holandês (Santos et al., 2005). As principais classes de solo ocorrentes nas propriedades avaliadas são: Nitossolo Vermelho, Argissolo Vermelho e Planossolo Háptico (Figuras 1 a 3) (EMBRAPA, 2009b), classificados até o segundo nível categórico por não ter sido feita a caracterização química do horizonte diagnóstico subsuperficial. O material de origem do Planossolo e do Argissolo é arenito e do Nitossolo é basalto.





**Figura 1.** Perfil do solo e paisagem de Argissolo Vermelho em Lomba Grande, Novo Hamburgo – RS (Fotos do Autor).

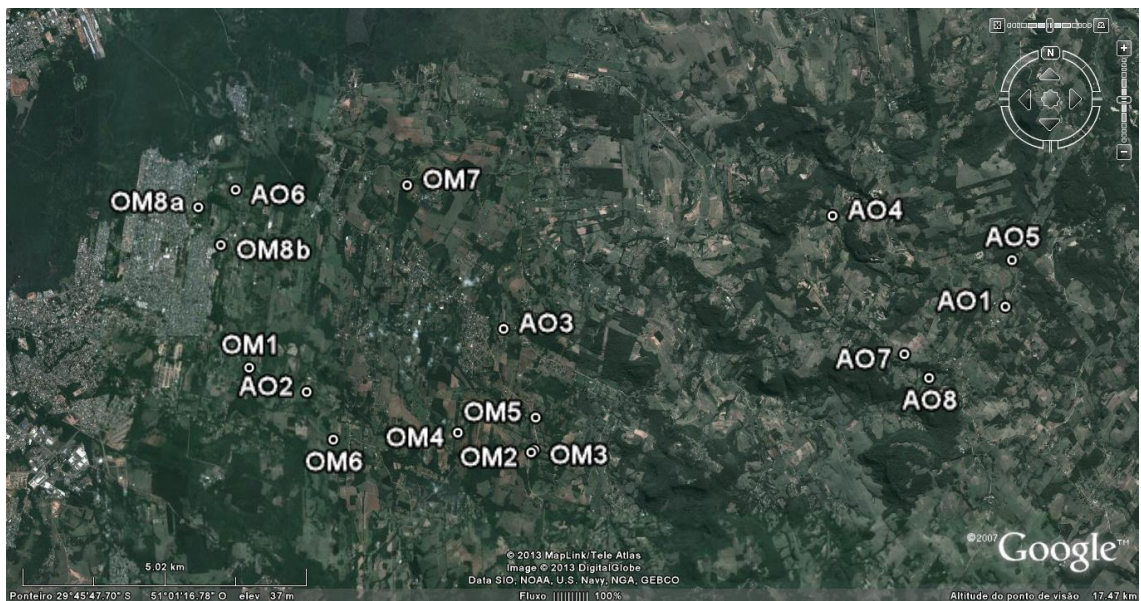


**Figura 2.** Perfil do solo e paisagem de Planossolo Háplico em Lomba Grande, Novo Hamburgo – RS (Fotos do Autor).



**Figura 3.** Perfil do solo e paisagem de Nitossolo Vermelho em Lomba Grande, Novo Hamburgo – RS (Fotos do Autor).

As áreas foram georeferenciadas por meio do GPS marca Garmim, modelo eTrex HC vista. A propriedade OM7 foi dividida em duas áreas próximas, a primeira em cota inferior (AO7a) onde ocorre Planossolo, e a segunda em cota superior (AO7b), onde ocorre Nitossolo. A propriedade OM8 é separada em duas áreas de produção, a primeira em São Leopoldo (OM8a) e a segunda em Novo Hamburgo (OM8b) / RS (Figura 4).



**Figura 4.** Mapa de localização geográfica das propriedades (Fonte: Google Earth); AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral.

A localização geográfica e o tipo de solo ocorrente nas propriedades avaliadas estão descritas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Coordenadas de localização geográfica, Município em que se localiza a propriedade e classe de solo das áreas de produção

PRODUTOR	Localização*		Mun.	Área	Classe de Solo
	S	W			
Cultivo Orgânico					
AO1	29°45.728'	50°56.522'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
AO2	29°46.548'	51°04.184'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
AO3	29°45.943'	51°02.013'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
AO4	29°44.862'	50°58.397'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
AO5	29°45.286'	50°56.450'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
AO6	29°44.613'	51°04.976'	NH	P R	Planossolo Háptico Planossolo Háptico
AO7	29°46.178'	50°57.644'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
AO8	29°46.405'	50°57.360'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
Cultivo Organomineral					
OM1	29°46.316'	51°04.822'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
OM2	29°47.119'	51°01.709'	NH	P R	Planossolo Háptico Argissolo Vermelho
OM3	29°47.097'	51°01.676'	NH	P R	Planossolo Háptico Argissolo Vermelho
OM4	29°46.934'	51°02.516'	NH	P R	Planossolo Háptico Planossolo Háptico
OM5	23°46.787'	51°01.660'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
OM6	29°47.003'	51°03.892'	NH	P R	Argissolo Vermelho Argissolo Vermelho
OM7a	29°44.570'	51°03.079'	NH	P	Planossolo Háptico
OM7b				R	Planossolo Háptico
OM8a	29°44.780'	51°05.387'	SL	P	Nitossolo Vermelho
OM8b				R	Nitossolo Vermelho
	29°45.142'	51°05.139'	NH	P	Planossolo Háptico
				R	Planossolo Háptico

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; \* Coordenadas geográficas descritas em WGS 84 (Latitude/Longitude, hddd°mm.mmm'); P = Produção; R = Referência; Mun. = Município em que se localiza a propriedade; SL = São Leopoldo; NH = Novo Hamburgo.

Os teores de areia, silte e argila, e a relação textural dos solos está descrita Tabela 3.

**Tabela 3.** Teores de areia, silte, argila e classe textural das amostras de solo

PRODUTOR	Área	Areia	Silte	Argila	Classe textural (USDA)
		----- g kg <sup>-1</sup> -----			
		Cultivo Orgânico			
AO1	P	619	188	193	franco arenoso
	R	627	167	206	franco argiloso arenoso
AO2	P	777	165	58	areia franca
	R	740	177	83	franco arenoso
AO3	P	827	134	38	areia franca
	R	836	124	40	areia franca
AO4	P	740	186	75	franco arenoso
	R	733	189	77	franco arenoso
AO5	P	773	134	93	franco arenoso
	R	820	95	86	areia franca
AO6	P	735	205	61	franco arenoso
	R	733	192	75	franco arenoso
AO7	P	755	115	130	franco arenoso
	R	756	118	126	franco arenoso
AO8	P	754	140	106	franco arenoso
	R	762	115	123	franco arenoso
		Cultivo Organomineral			
OM1	P	716	182	101	franco arenoso
	R	669	181	150	franco arenoso
OM2	P	762	154	84	franco arenoso
	R	718	145	137	franco arenoso
OM3	P	506	268	226	franco argiloso arenosa
	R	508	273	219	franco argiloso arenosa
OM4	P	751	147	102	franco arenoso
	R	777	137	87	franco arenoso
OM5	P	760	121	119	franco arenoso
	R	665	114	221	franco argiloso arenosa
OM6	P	784	173	43	areia franca
	R	747	169	84	franco arenoso
OM7a	P	604	256	139	franco arenoso
	R	587	232	181	franco arenoso
OM7b	P	591	189	220	franco argiloso arenosa
	R	556	180	264	franco argiloso arenosa
OM8a	P	758	177	64	franco arenoso
	R	724	213	63	franco arenoso
OM8b	P	687	238	75	franco arenoso
	R	844	98	58	areia franca

Legenda: AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teor de areia, silte e argila determinados pelo método da pipeta (Embrapa, 1997).

A textura média dos solos da maioria das propriedades é arenosa e o teor de argila de 38 a 264 g kg<sup>-1</sup> e de areia de 506 a 844 g kg<sup>-1</sup> de solo (Tabela 3). Quanto à drenagem dos solos, as áreas das propriedades em que ocorre o Planossolo são caracterizadas por apresentarem má drenagem e as áreas em que ocorrem Argissolo e Nitossolo são bem drenados.

#### **4.5 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação entre médias (Teste t,  $p < 0,05$ ), utilizando-se o programa Excel (Microsoft Office 2010, Professional Edition), e a análise de correlação de Pearson ( $r$ ), utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.6 beta (Assis, 2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn nos fertilizantes orgânicos

A maioria das propriedades usa cama de aves como fonte principal de fertilizante orgânico na adubação do solo. As propriedades sob cultivo orgânico não certificado aplicam de 4 a 17 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, e as propriedades sob cultivo organomineral, de 8 a 25 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de cama de aves e mais 100 a 2.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de fertilizante comercial NPK (5-20-20). A propriedade AO2 produz seu próprio composto orgânico, utilizando 36 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> na adubação (Apêndice 1). Esse composto orgânico é formado por uma mistura de restos de poda de árvores e de cama de suínos criados na propriedade. A mistura é compostada e peneirada. A utilização de fertilizantes orgânicos, como cama de aves, por exemplo, em quantidade acima do estimado pelo Manual de Adubação de 12 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de cama de aves na adubação de manutenção (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004), pode resultar no acúmulo de ETs e nutrientes no solo. Para uma correta recomendação, deve-se analisar o fertilizante orgânico antes de utilizá-lo na adubação, seguindo as recomendações baseadas em análise do solo.

Os principais atributos normalmente mensurados nos fertilizantes orgânicos são: pH, fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), nitrogênio (N) e carbono orgânico (C org.) (Avila et al., 2007). A Instrução Normativa (IN) n° 28 (Brasil, 2011) estabelece que se deve mensurar também os teores de ETs: As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr (VI) e Cr (total); coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e *Salmonella sp.*

As amostras de fertilizantes orgânicos apresentaram valores bem discrepantes de densidade, pH, carbono orgânico, P, K, Ca e Mg (Tabelas 4).

**Tabela 4.** Valores de densidade, pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub>, pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> e teores de carbono orgânico, P, K, Ca e Mg na massa seca das amostras de fertilizantes orgânicos utilizados nos cultivos orgânico e organomineral

Fonte e Área	d kg m <sup>-3</sup>	pH		C org.	P	K	Ca	Mg
		CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	-----	-----	-----	-----	-----
				% -----				
Cultivo Orgânico								
CA / AO1	277	8,3	8,3	24,3	1,8	3,6	3,8	0,8
CO / AO2	806	7,2	7,4	9,6	1,4	2,2	8,7	0,7
CA / AO3	445	9,0	9,1	27,0	1,8	3,8	3,8	1,7
CA / AO4	487	8,3	8,2	27,2	1,5	3,3	3,8	1,5
CA / AO5	415	8,5	8,6	23,1	2,0	3,4	3,8	0,8
CA / AO6	389	9,1	9,1	28,1	2,3	4,5	4,6	1,0
CA / AO7 e AO8	366	8,1	8,2	35,5	0,8	3,0	2,5	0,8
Média	455	8,4	8,4	25,0	1,7	3,4	4,4	1,0
Cultivo Organomineral								
CA / OM1	512	9,4	9,6	21,3	1,3	3,0	3,3	0,9
CA / OM2 e OM3	403	8,5	8,5	18,7	2,3	2,0	16,3	1,2
CA / OM5	314	8,0	8,0	27,7	1,4	2,1	8,9	0,7
CA / OM6	391	7,7	7,7	34,6	1,6	3,1	3,4	0,8
CA / OM7	458	8,8	8,9	23,4	2,0	2,6	9,0	1,0
CA / OM8a	366	6,3	6,2	22,0	1,8	1,4	9,9	1,0
CA / OM8b	311	9,1	9,1	20,8	1,9	2,5	10,4	1,0
Média	394	8,3	8,3	24,1	1,8	2,4	8,7	0,9

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; CA = Cama de aves; d. = Densidade determinada conforme método descrito por Fermino (2003); NH = Novo Hamburgo; SL = São Leopoldo; N, P, Mg, K, Ca e C org. (Carbono orgânico) determinados conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995); pH CaCl<sub>2</sub> relação 1:5 e pH H<sub>2</sub>O relação 1:3, determinados conforme método descrito pela Embrapa (2009a); CO = Composto orgânico: Mistura de cama de suínos com restos de poda de árvore de rua do Município de Novo Hamburgo, compostada e peneirada pelo produtor.

A densidade das camas de aves das áreas de produção variou de 277 a 512 kg m<sup>-3</sup>. O composto orgânico da propriedade AO2 apresentou densidade de 806 kg m<sup>-3</sup> resultante da compostagem e separação das partículas maiores, por peneira, antes de aplicar ao solo. O pH CaCl<sub>2</sub> nas amostras variou entre 6,3 e 9,4, e o pH H<sub>2</sub>O de 6,2 a 9,6. O teor de carbono orgânico de todo o conjunto de amostras variou entre 9,6 a 35,5 %; o de P ficou na faixa de 0,8 a 2,3 %, e o de K de 1,4 a 4,5 %. O teor de Ca das amostras variou de 2,5 a 16,3 % e o de Mg de 0,7 a 1,7 % (Tabela 4). Resultados semelhantes também foram observados por Avila *et al.* (2007), Khai *et al.* (2008) e Faridullah *et al.* (2009).

Os valores de Poder de Neutralização (PN), e os teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn estão descritos na Tabela 5.

**Tabela 5.** Valor de poder de neutralização (PN), e teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn na massa seca das amostras de fertilizantes orgânicos

Fonte e Área	PN %CaCO <sub>3</sub>	Cd µg kg <sup>-1</sup>	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn
			----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
Cultivo Orgânico							
CA / AO1	6,2	128,1	17,9	289	884	13,3	608
CO / AO2	2,2	< 0,4	58,0	15	197	23,6	68
CA / AO3	7,8	120,8	15,9	187	398	13,1	630
CA / AO4	6,8	76,3	44,0	146	868	13,0	547
CA / AO5	2,9	127,9	7,8	381	660	13,8	500
CA / AO6	8,6	70,5	15,9	185	1.462	19,7	688
CA / AO7 e AO8	4,1	48,8	19,9	99	570	8,8	45
Média	5,5	81,8	25,6	186	720	15,0	441
Cultivo Organomineral							
CA / OM1	8,7	< 0,4	23,9	154	948	5,5	544
CA / OM2 e OM3	29,6	314,0	21,9	124	1.117	4,9	796
CA / OM5	14,3	60,5	206,6	256	1.029	4,6	569
CA / OM6	2,2	< 0,4	13,9	305	505	21,3	486
CA / OM7	16,9	211,6	164,5	292	804	6,4	685
CA / OM8a	21,1	< 0,4	618,1	537	828	2,6	727
CA / OM8b	28,7	< 0,4	377,3	406	708	1,8	616
Média	17,4	84,0	203,7	296	848	6,7	632

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; CA = Cama de aves; PN = Poder de Neutralização determinado conforme método descrito pela Embrapa (1999); Cd = cádmio; Cu = cobre; Cr = cromo; Mn = manganês; Pb = chumbo; Zn = zinco; Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn determinados conforme método USEPA 3050b; CO = Composto Orgânico; Limite de detecção do Cd = 0,4 µg kg<sup>-1</sup>.

O PN de um fertilizante orgânico é a capacidade potencial ou teórica do composto em neutralizar a acidez dos solos. Ou seja, a utilização de 1 t de fertilizante orgânico com 10% de PN, representaria teoricamente uma aplicação conjunta de cerca de 100 kg de CaCO<sub>3</sub> equivalente. No entanto, o PN indica apenas se o produto é alcalino, não possibilitando caracterizar quimicamente o fertilizante orgânico como corretivo ou não (Alcarde, 2005). O PN dos fertilizantes orgânicos das áreas de produção variou de 2,2 a 29,6% (Tabela 5). Este indicador também foi mensurado por Dorneles (2011), que verificou que o PN médio nas camas de aves utilizadas na adubação orgânica foi de 11,5 %. No entanto, valores como os observados nas camas de aves coletadas nas



propriedades OM2, OM3, OM7, OM8a e OM8b, torna-o importante, devendo-se mensurá-lo antes de utilizar a cama de aves na adubação do solo. A principal fonte que resultou nos altos valores de PN pode ter sido o uso de cal virgem durante o “vazio sanitário” entre os lotes de criação de aves, que visa diminuir a disseminação de *Salmonella spp.* e *Clostridium spp.* (Pra et al., 2009). Sherer e Nesi (2009) observaram que o uso de cama de aves na dose de 4,9 t ha<sup>-1</sup> durante cinco anos, resultou em aumento nos valores de pH do solo, confirmando o potencial corretivo de pH das camas de aves. Dorneles (2011) observou que a adubação orgânica com cama de aves, resultou em valores de pH do solo similares aos obtidos com a calagem, devido ao efeito cumulativo do adubo orgânico.

O teor de Cr nas amostras de fertilizantes orgânicos variou de 7,8 a 618,1 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 5). As camas de aves coletadas nas áreas de produção OM5, OM8a e OM8b apresentaram teor de Cr acima do limite máximo estabelecido pelo MAPA (Instrução Normativa n° 27 de 5 de junho de 2006) para utilização na agricultura, que foram respectivamente, 206,6 mg, 618,1 mg e 377,3 mg de Cr kg<sup>-1</sup>.

A principal fonte de contaminação destas amostras coletadas em cama de aves, foi a utilização de resíduos de madeira tratada com produtos à base de Cr. Moreschi (2013) afirma que os principais produtos conservantes de madeira utilizados são: o arseniato de cobre amoniacal (ACA), o cromato de cobre ácido (ACC), o arseniato de cobre cromatado (CCA), o cloreto de zinco cromatado (CZZ) e compostos de boro. Os produtos à base de cromo aumentam o teor de Cr na madeira, que, após processada, gera resíduos como maravalha, que podem ser utilizados nos aviários. Segundo o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), o uso de madeira tratada nos aviários não é proibido. No entanto, o criador de aves que utilizar resíduos de madeira tratada como cama em seu aviário ficará impedido de comercializar a cama de aves como fertilizante orgânico, conforme instrução normativa n° 27 (Brasil, 2006). O teor de Cr em cama de aves acima de 70 ou 200 mg kg<sup>-1</sup>, não tem sido observado por outros autores (Khai et al., 2008; Faridullah et al., 2009; Luo et al., 2009).

O teor de Cd das amostras de fertilizantes orgânicos em geral variou de 0,4 a 314 µg kg<sup>-1</sup> (Tabela 5). Não foi observado teor de Cd em nenhuma das

amostras de fertilizantes orgânicos acima do limite máximo estabelecido pelo MAPA para utilização na agricultura, conforme Instrução Normativa n° 27 (Brasil, 2006).

O teor de Pb nas amostras em geral variou de 1,8 a 23,6 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca (Tabela 5). Não foi observado teor de Pb acima do limite máximo estabelecido para adubos orgânicos destinados a produção agrícola de 150 mg kg<sup>-1</sup> em nenhuma das amostras de fertilizantes orgânicos (Brasil, 2006).

Os valores de Cd e Pb nos fertilizantes orgânicos corresponderam aos verificados por outros autores (Khai et al., 2008; Faridullah et al., 2009; Luo et al., 2009). Os teores de Cu, Mn e Zn das amostras de fertilizantes orgânicos em geral variou de 15 a 537 mg kg<sup>-1</sup>, 197 a 1.462 mg kg<sup>-1</sup> e de 45 a 796 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 5). Os fertilizantes orgânicos utilizados nas áreas de produção orgânica AO1, AO3, AO4, AO5 e AO6 apresentaram concentração de Zn acima do limite máximo de 200 mg kg<sup>-1</sup>, estabelecido para fertilizantes destinados à produção orgânica. Somente o fertilizante orgânico utilizado pela propriedade de cultivo orgânico AO2 apresentou valores de Cd, Cr, Cu, Pb e Zn dentro da faixa considerada ideal para fertilizantes orgânicos destinados para a produção orgânica (IN n° 46, 06 de out. de 2011; INI n°28, de 28 de jun. de 2011) . Todas as amostras de fertilizantes orgânicos das propriedades de cultivo orgânico, com exceção da propriedade AO2, apresentaram teor de Cu acima do limite máximo de 70 mg kg<sup>-1</sup> para fertilizantes destinados para a produção orgânica certificada.

## **5.2 Estado atual de fertilidade das áreas de produção**

O uso intensivo do solo para produção agrícola altera a fertilidade natural e as condições física e biológica do solo. A produção de alface é caracterizada pelo uso de fertilizantes orgânico e mineral em maior quantidade que as demais culturas. Para melhorar o aproveitamento dos fertilizantes orgânicos, é recomendado ajustar a quantidade de fertilizante a ser aplicado, pelo nutriente menos demandado. Dependendo do tipo de solo e da composição do material, e da fertilidade do solo, recomendando-se aplicar até 12 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de cama de aves na adubação de manutenção, segundo estimativa obtida a partir dos dados do manual de adubação (Comissão de

Química e Fertilidade do Solo, 2004). Os fertilizantes orgânicos são aplicados ao solo imediatamente antes do plantio, minimizando as perdas de nutrientes. A maioria das áreas de produção olerícola apresentaram aumento nos teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn no solo, passando de níveis considerados baixos para altos, quando comparados à condição de solo sem cultivo de hortícolas, com exceção da matéria orgânica, a qual manteve-se na faixa considerada baixa. O teor de carbono orgânico (CO) no solo nas áreas de produção foi de  $6,6 \text{ g kg}^{-1}$  a  $28,3 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teores de CO, P, K, Ca, Mg, Cu e Zn extraíveis por HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>, e Mn extraível por Mehlich-1 no solo

PRODUTOR	Área	CO g kg <sup>-1</sup>	P --mg dm <sup>-3</sup> --	K	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg	Cu ----- mg dm <sup>-3</sup> -----	Mn	Zn
Cultivo Orgânico									
AO1	P	8,4	60	311	4,9	1,4	12,2	82,3	17,0
	R	9,0	1	77	1,2	0,8	5,3	85,0	2,7
AO2	P	15,2	115	199	4,9	1,5	2,6	52,1	13,7
	R	6,2	32	52	1,4	0,6	1,5	26,4	2,6
AO3	P	6,6	167	245	2,8	1,0	2,2	36,6	15,6
	R	5,1	87	52	1,9	0,7	1,7	30,6	5,1
AO4	P	15,2	306	369	7,2	2,7	7,2	64,4	49,9
	R	9,2	3	75	1,4	0,7	2,0	41,8	2,3
AO5	P	13,4	343	398	5,6	1,7	11,0	27,7	18,8
	R	7,2	5	39	1,4	0,8	2,1	34,1	2,4
AO6	P	19,6	639	390	9,6	2,7	2,2	59,8	56,2
	R	10,3	4	44	0,6	0,3	1,4	1,5	1,1
AO7	P	9,0	47	374	1,5	1,0	2,2	28,0	4,3
	R	13,4	4	48	0,4	0,4	1,3	10,9	1,1
AO8	P	12,6	270	297	5,1	1,5	13,1	41,5	36,2
	R	6,2	2	37	0,3	0,3	2,1	10,8	0,9
Média	P	12,5	243	323	5,2	1,7	6,6	49,1	26,5
	R	8,3	17	53	1,1	0,6	2,2	30,2	2,3
Cultivo Organomineral									
OM1	P	10,6	424	432	5,8	1,0	3,0	41,4	31,1
	R	13,3	12	189	1,7	2,0	1,8	49,9	3,8
OM2	P	10,3	170	158	3,9	0,9	3,6	25,6	11,1
	R	9,1	6	133	3,0	1,0	3,1	40,0	2,6
OM3	P	28,3	494	374	12,0	3,0	1,6	22,5	30,0
	R	16,3	47	145	10,2	6,0	3,7	52,7	4,2
OM4	P	10,1	256	349	4,6	1,1	4,6	6,6	11,8
	R	7,3	10	56	0,8	0,5	1,3	8,1	1,3
OM5	P	14,6	734	249	7,0	1,8	1,4	41,8	53,3
	R	11,4	5	60	1,9	0,7	2,1	13,8	1,4
OM6	P	12,3	497	237	5,6	1,4	2,1	42,8	27,5
	R	4,2	113	44	2,3	0,5	1,5	30,3	4,5
OM7a	P	21,9	697	457	12,0	2,6	1,3	11,1	22,8
	R	18,7	21	56	5,8	2,1	2,5	11,4	11,5
OM7b	P	11,9	341	307	8,6	1,4	2,8	26,6	18,0
	R	13,2	2	71	2,5	1,8	2,5	24,6	1,7
OM8a	P	17,5	960	386	8,5	1,7	1,5	27,8	42,0
	R	4,8	3	37	0,4	0,4	1,5	11,5	0,7
OM8b	P	22,0	1.226	432	9,0	2,9	1,6	26,8	34,2
	R	6,2	7	39	1,2	0,5	1,5	28,4	1,4
Média	P	15,9	580	338	7,7	1,8	2,4	27,3	28,2
	R	10,4	23	83	3,0	1,6	2,2	27,1	3,3

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; CO = Carbono Orgânico determinado pelo método de combustão úmida (Tedesco et al, 1995); Ca e Mg trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; Cu e Zn extraídos com HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup>; P, K e Mn extraíveis determinados pelo método Mehlich-1;

Este resultado indica que, embora seja utilizado fertilizante orgânico na adubação das áreas de cultivo em doses que variam entre 4 e 36 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o mesmo não resulta em aumento no teor de matéria orgânica do solo. Por outro lado, Melero et al. (2006) e Santos et al. (1999) constataram aumento do CO em áreas de produção orgânica e convencional.

Os teores de P, K, Ca, Mg, e Cu, Mn e Zn extraíveis por HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> no solo foram influenciados pela adubação orgânica e mineral utilizada nas áreas de produção. Os teores de P e K disponíveis no solo das áreas de produção variaram de 47 a 1.226 mg dm<sup>-3</sup> e de 158 a 457 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Os teores de Ca e Mg variaram de 1,5 a 12,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e de 0,9 a 3,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Os teores de Cu, Mn e Zn variaram de 1,3 a 13,1 mg dm<sup>-3</sup>, 6,6 a 82,3 mg dm<sup>-3</sup>, e 4,3 a 56,2 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Tabela 6).

O aumento no teor desses atributos químicos também foi observado por Khai et al. (2008) em trabalho avaliando o efeito da aplicação de biossólidos, como esterco compostado e cama de aves, em áreas de produção olerícola. Os solos das áreas de produção apresentaram teor de CO entre as faixas de baixo a muito baixo. Os teores de P e K disponíveis observados estão muito acima da faixa considerada muito alta. O teor de Ca nas áreas de produção orgânica está entre as faixas de baixo e alto, e nas áreas de produção organomineral é considerado alto. O teor de Mg nas áreas de produção em geral é enquadrado como médio a alto. Os teores de Cu, Mn e Zn disponíveis nas áreas de produção orgânica e organomineral são classificados como alto (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004).

Os solos das áreas de produção em geral também tiveram alteração dos valores de pH, CTC e saturação por bases e teor de Na<sup>+</sup>, em comparação à condição original (Tabela 7).

**Tabela 7.** Valores de pH H<sub>2</sub>O, pH CaCl<sub>2</sub>, índice SMP, H+Al, soma de bases (S), CTC pH 7,0, CTC efetiva e saturação por bases (V) e teores de Al<sup>3+</sup> e Na<sup>+</sup> trocáveis das amostras de solo

PRODUTOR	Área	pH		SMP	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Na <sup>+</sup>	S	CTC pH7	CTC efetiva	V
		H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>								
----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----											
Cultivo Orgânico											
AO1	P	5,9	5,5	5,9	0,0	5,2	0,04	7,1	12,3	7,1	58
	R	5,0	4,5	5,7	0,4	6,2	0,02	2,2	8,4	2,6	27
AO2	P	5,9	5,9	6,7	0,0	2,1	0,10	7,1	9,2	7,0	77
	R	5,2	4,5	6,1	0,1	4,1	0,02	2,1	6,3	2,2	34
AO3	P	6,3	6,0	7,1	0,0	1,3	0,06	4,6	5,9	4,5	78
	R	6,4	5,8	6,9	0,0	1,6	0,02	2,7	4,3	2,7	64
AO4	P	6,5	6,1	6,7	0,0	2,1	0,10	11,0	13,0	11,0	84
	R	5,0	4,2	5,9	0,4	4,9	0,03	2,2	7,1	2,6	31
AO5	P	6,4	5,8	6,5	0,0	2,6	0,12	8,4	11,0	8,4	76
	R	5,1	4,6	6,0	0,2	4,6	0,02	2,3	6,9	2,5	33
AO6	P	6,6	6,6	6,8	0,0	1,8	0,12	13,4	15,2	13,4	88
	R	5,1	4,0	5,9	0,5	4,9	0,02	1,1	5,9	1,6	18
AO7	P	5,1	4,7	6,1	0,1	3,9	0,21	3,6	7,5	3,7	48
	R	4,3	3,6	5,5	0,8	8,2	0,03	1,0	9,2	1,7	10
AO8	P	6,3	5,8	6,5	0,0	2,6	0,10	7,5	10,1	7,5	74
	R	4,7	3,9	5,6	0,7	6,9	0,01	0,8	7,7	1,4	10
Média	P	6,1	5,8	6,5	0,0	2,7	0,11	7,8	10,5	7,8	73
	R	5,1	4,4	6,0	0,4	5,2	0,02	1,8	7,0	2,2	28
Cultivo Organomineral											
OM1	P	5,8	5,7	6,6	0,0	2,3	0,10	8,0	10,3	8,1	78
	R	5,3	4,6	5,7	0,1	6,2	0,08	4,3	10,4	4,4	41
OM2	P	5,6	5,2	6,2	0,0	3,5	0,06	5,3	8,7	5,3	60
	R	5,6	5,0	6,1	0,0	3,9	0,02	4,4	8,2	4,3	53
OM3	P	6,4	6,2	6,4	0,0	2,9	0,10	16,1	19,0	16,1	85
	R	6,4	5,8	6,3	0,0	3,3	0,28	16,8	20,1	16,8	84
OM4	P	5,4	5,5	6,4	0,0	2,8	0,12	6,8	9,5	6,8	71
	R	4,6	4,0	5,6	0,5	6,9	0,04	1,4	8,3	1,9	17
OM5	P	6,3	6,2	6,8	0,0	1,7	0,18	9,6	11,4	9,6	85
	R	5,3	4,4	5,7	0,4	6,2	0,03	2,7	8,9	3,1	31
OM6	P	6,0	6,0	6,9	0,0	1,6	0,18	7,8	9,4	7,7	83
	R	5,8	5,3	6,6	0,0	2,2	0,02	3,0	5,2	2,9	58
OM7a	P	6,8	6,5	6,8	0,0	1,7	0,33	16,1	17,9	16,1	90
	R	5,8	5,3	5,9	0,0	4,9	0,04	8,1	13,0	8,1	62
OM7b	P	6,8	6,5	6,7	0,0	2,0	0,13	11,0	12,9	11,0	85
	R	5,0	4,5	5,5	0,3	8,2	0,05	4,5	12,7	4,8	36
OM8a	P	6,6	6,4	6,8	0,0	1,7	0,30	11,5	13,2	11,5	87
	R	4,6	3,9	5,9	0,3	5,2	0,03	0,9	6,0	1,2	14
OM8b	P	6,8	6,6	6,8	0,0	1,7	0,27	13,3	15,0	13,3	88
	R	5,0	4,3	6,3	0,2	3,3	0,02	1,9	5,1	2,1	36
Média	P	6,2	6,1	6,6	0,0	2,2	0,18	10,5	12,7	10,5	81
	R	5,3	4,7	6,0	0,2	5,0	0,06	4,8	9,8	5,0	43

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; OM = áreas de produção olerícola que recebem adubação orgânica e mineral; P = Produção; R = Referência; pH em água 1:1; pH CaCl<sub>2</sub> 1:2,5; Al<sup>3+</sup> e Na<sup>+</sup> trocáveis extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Essas alterações se devem ao uso intensivo do solo para produção de hortícolas. O pH  $H_2O$  dos solos das áreas de produção aumentou em relação ao solo das áreas de referência, tendo apresentado valores na faixa de 4,3 a 6,6 (Tabela 7). Embora tenha sido em média os valores de pH das áreas de cultivo organomineral do maiores do que das áreas de cultivo orgânico, os valores observados são muito próximo do pH  $H_2O$  ideal (pH  $H_2O$  = 6,0) para o cultivo de olerícolas. Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), o pH  $H_2O$  das áreas de produção enquadra-se entre as faixas de baixo a alto. O uso de cama de aves, juntamente com o calcário, pode ter resultado no aumento do pH  $H_2O$ , conforme foi observado por Scherer e Nesi (2009). Dorneles (2011), também observou aumento do pH do solo em função da adição de cama de aves ao longo de 10 anos.

A determinação do pH  $CaCl_2$  visa reduzir o efeito sazonal de sais que interferem na medição do pH do solo, por causa do aumento da concentração eletrolítica (EMBRAPA, 2009a), sendo mais recomendado em alguns casos para áreas de produção olerícola. Os valores de pH  $CaCl_2$  do solo da maioria das áreas de produção ( $4,7 < \text{pH } CaCl_2 < 6,6$ ) (Tabela 7) são muito próximos aos observados para pH  $H_2O$  devido ao alto teor de cátions trocáveis presentes nestes solos. Nas áreas de referência, o pH  $CaCl_2$  ( $3,6 < \text{pH } CaCl_2 < 5,8$ ) (Tabela 7) foi menor do que o pH  $H_2O$ . A diminuição dos valores de pH  $CaCl_2$  ocorre devido ao deslocamento de íons  $H^+$  pelo Ca para a solução do solo, verificando-se assim a concentração efetiva de íons  $H^+$ . Em adição, os valores do índice SMP dos solos das áreas de produção em geral ficaram acima de 5,5, indicando a baixa necessidade de calcário nos solos das áreas de produção (Tabela 7).

Embora se observem faixas de pH distintas nas áreas de produção e de referência, na maioria dos locais não se observou diferença no teor de  $Al^{3+}$  entre essas áreas (Tabela 7). O teor de  $Al^{3+}$  nas áreas de produção foi de 0,0 a 0,1  $cmol_c \text{ dm}^{-3}$ . Entretanto, Scherer e Nesi (2009) afirmam que o uso de cama de aves na adubação do solo durante muitos anos e a correção do pH com corretivos de acidez diminui o teor de  $Al^{3+}$ . A acidez potencial (H+Al) do solo das áreas de produção em geral foi de 1,3 a 5,2  $cmol_c \text{ dm}^{-3}$ . O teor de Na nas áreas de produção em geral ( $0,10 < Na < 0,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) aumentou em comparação com a condição dos solos de referência (Tabela 7). Este resultado

confirma a observação de Sparks (2003), de que o uso de fertilizantes orgânicos pode aumentar o teor de  $\text{Na}^+$  no solo. Entretanto, o acúmulo observado não compromete o desenvolvimento de plantas. Comprovando a melhoria na fertilidade observada nas áreas de produção em geral, verificou-se o aumento nos valores de CTC pH 7,0 ( $5,9 < \text{CTC pH 7,0} < 19,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), CTC efetiva ( $3,7 < \text{CTC efetiva} < 16,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e de saturação por bases (V) ( $60 < V < 90 \%$ ), quando comparado à condição dos solos de referência (Tabela 7). Os incrementos de CTC pH 7,0, CTC efetiva e V também foram observados por Losekann (2009).

Santos et al. (1999) também observaram aumento no teor de cátions trocáveis, CO e pH com o uso de doses crescentes de composto orgânico de lixo urbano. Como observado neste trabalho, Silva e Menezes (2010) também verificaram que os teores de Cu, Mn e Zn extraíveis por Mehlich-1 e Mehlich-3 aumentaram no solo, após seis anos de adubação com esterco de caprino.

### **5.3 Teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn nos solos**

O acúmulo de elementos-traço (ETs) como Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn em áreas de produção agrícola é uma grande preocupação quanto ao meio ambiente e os alimentos (Silva et al., 2007; Zeng et al., 2011). O uso de fertilizantes orgânicos e minerais na produção olerícola pode resultar nesse acúmulo de ETs no solo (Uprety et al., 2009; Mendes et al., 2010). O incremento e a biodisponibilidade dos ETs são influenciados pela textura do solo, pH, potencial redox (Eh), CO, CTC e pelos teores de óxidos de Fe, Al e Mn (Kabata–Pendias & Murkherjee, 2007; Hooda, 2010). Estes fatores controlam as concentrações de íons metálicos na solução do solo e exercem influência na absorção destes pelas plantas, resultando em maior ou menor acúmulo dos ETs no solo (Sposito et al., 1982; McLean et al., 1992).

Os solos das áreas de produção em geral apresentaram aumento no teor de alguns ETs (Tabela 8).



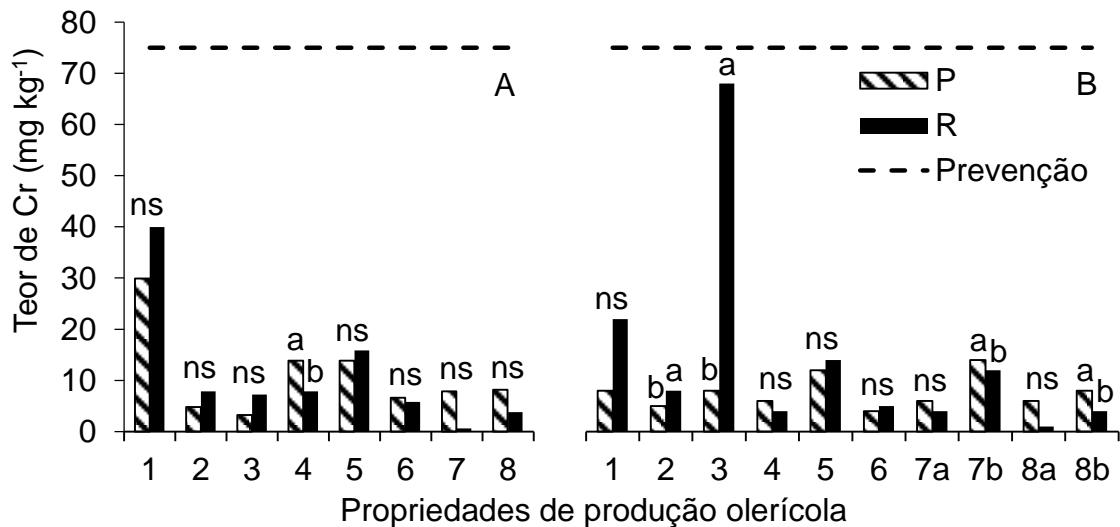
**Tabela 8.** Concentração de Cd nas amostras de solo

Área	Cultivo Orgânico		Área	Cultivo Organomineral	
	P	R		P	R
	----- $\mu\text{g kg}^{-1}$ -----			----- $\mu\text{g kg}^{-1}$ -----	
AO1	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>	OM1	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>
AO2	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>	OM2	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>
AO3	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>	OM3	22,3 a	< 0,4 b
AO4	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>	OM4	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>
AO5	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>	OM5	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>
AO6	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>	OM6	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>
AO7	< 0,4 <sup>ns</sup>	79,0 <sup>ns</sup>	OM7a	117,8 a	< 0,4 b
			OM7b	98,2 <sup>ns</sup>	45,6 <sup>ns</sup>
AO8	69,6 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>	OM8a	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>
			OM8b	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t p<0,05 entre área de produção e referência; <sup>ns</sup> não significativo pelo Teste t p<0,05; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Limite de detecção: Cd = 0,4  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Teor pseudototal de Cd determinados conforme método USEPA 3050b.

O teor de Cd variou nas áreas de produção em geral entre 0,4 a 117,8  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (Tabela 8). Não foi observado acúmulo de Cd no solo na maioria das áreas de produção olerícola (Tabela 8), e os teores encontrados foram menores que o nível de prevenção estabelecido pelo CONAMA (2009), de 1,3  $\text{mg kg}^{-1}$ . Sampaio et al. (2009) também observaram não haver incremento no teor de Cd no solo em doses de até 90 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico. Macedo et al. (2012) observaram que o uso de lodo de esgoto durante 11 anos na mesma área agrícola não apresentou acréscimo no teor de Cd disponível no solo.

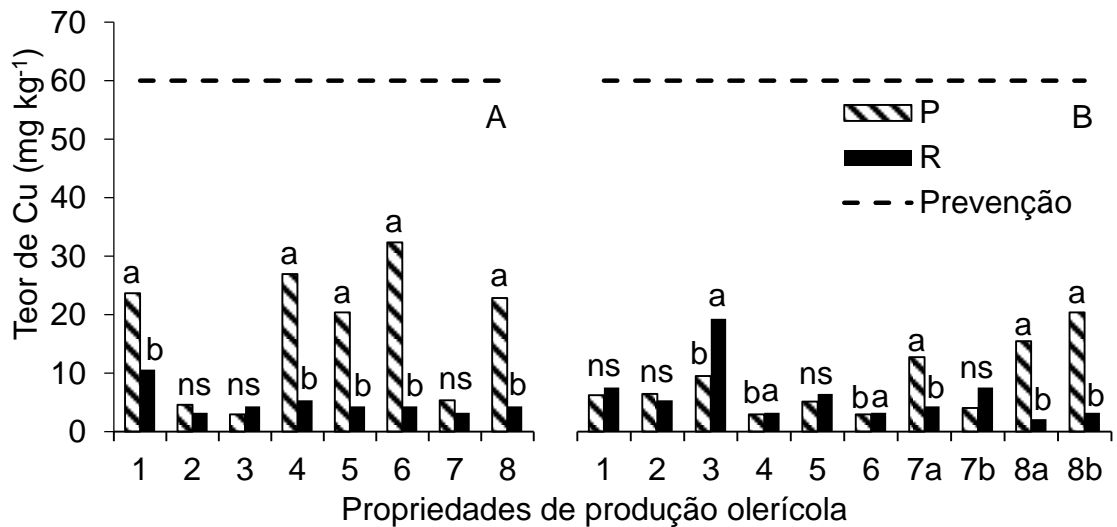
Não foi observado acúmulo de Cr na maioria dos solos das áreas de produção em geral (Tabela 8). O teor de Cr no solo em todas as áreas cultivadas foi menor que o nível de prevenção estabelecido pelo CONAMA (2009), de 75  $\text{mg kg}^{-1}$  (Figura 5).



**Figura 5.** A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t  $p < 0,05$  entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Cr determinado conforme método EPA 3050b; valor de prevenção, segundo resolução n° 420 do CONAMA (2009).

Nas áreas de cultivo, o teor de Cr variou de 3,2 a 29,9 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 8). Também foi verificado alta correlação ( $r = 0,9114$ ;  $p = 0,0016$ ;  $n = 8$ ) entre o teor de Cr nos solos das áreas de produção que receberam apenas adubação orgânica e os das áreas de referência, indicando ser o material de origem do solo uma das principais fontes de Cr no solo. Segundo Bielicka et al. (2005), a principal fonte de Cr no ambiente é o material de origem do solo. Os teores de Cr das áreas de plantio organomineral não apresentaram correlação significativa ( $r = 0,5525$ ;  $p = 0,1984$ ;  $n = 7$ ) com os teores de Cr do solo das áreas de referência (Apêndice 2), devido a diferença observada nas áreas OM2, OM3, OM7b e OM8b. Nas demais áreas não foi observado diferença significativa ( $p > 0,05$ ) do teor de Cr das áreas de produção e de referência.

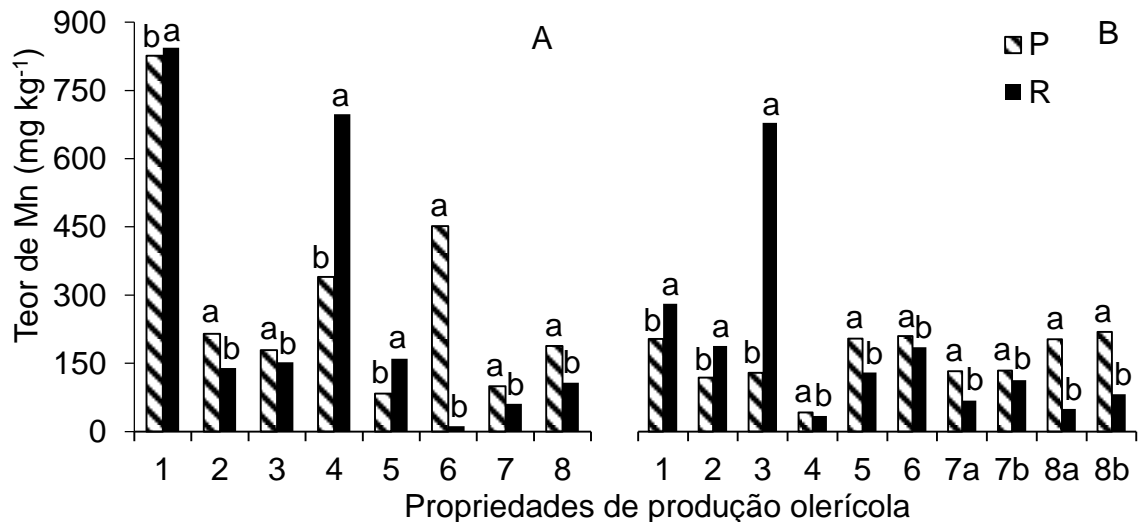
O teor de Cu aumentou ( $p < 0,05$ ) no solo da maioria das áreas de produção, quando comparado à condição sem cultivo olerícola. Nos solos cultivados em geral, o teor de Cu variou de 2,9 a 32,3 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 8). Foi observado teor de Cu no solo em todas as áreas cultivadas menor que o nível de prevenção estabelecido pelo CONAMA (2009), de 60 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 6).



**Figura 6.** A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t  $p < 0,05$  entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Cu determinado conforme método EPA 3050b; valor de prevenção, segundo resolução n° 420 do CONAMA (2009).

O uso de cama de aves na adubação das áreas de produção foi o principal fator responsável pelo aumento do teor de Cu no solo, devido à alta concentração de Cu nas camas de aves (Apêndice 2) (Nachtigall et al., 2007; Sampaio et al., 2009; Uprety et al., 2009; Lu et al., 2012).

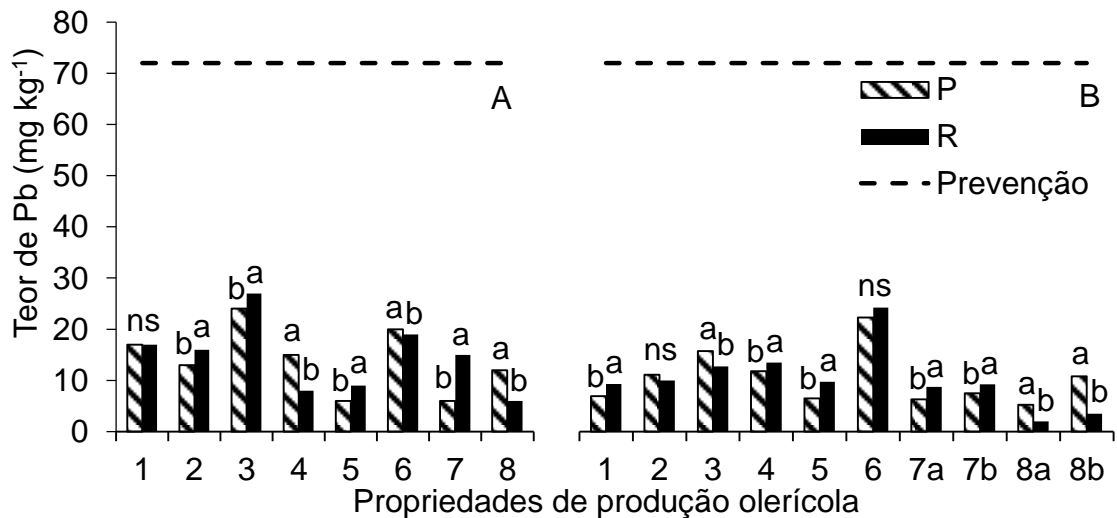
A maioria das propriedades teve acúmulo ( $p < 0,05$ ) de Mn no solo cultivado, quando comparado com as áreas de referência (Figura 7).



**Figura 7.** A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t  $p < 0,05$  entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Mn determinado conforme método EPA 3050b.

O teor de Mn nas áreas cultivadas em geral variou entre 41 a 843  $\text{mg kg}^{-1}$  (Tabela 8). O incremento no teor de Mn, segundo Uprety et al. (2009), é resultado da adição de cama de aves no solo durante muito tempo. Embora tenha se observado acúmulo de Mn nas áreas de cultivo, a principal fonte de Mn no solo é o seu material de origem. McBride (1994) afirma que o teor de Mn no solo é altamente correlacionado com o material de origem do solo, confirmando os resultados observados neste trabalho.

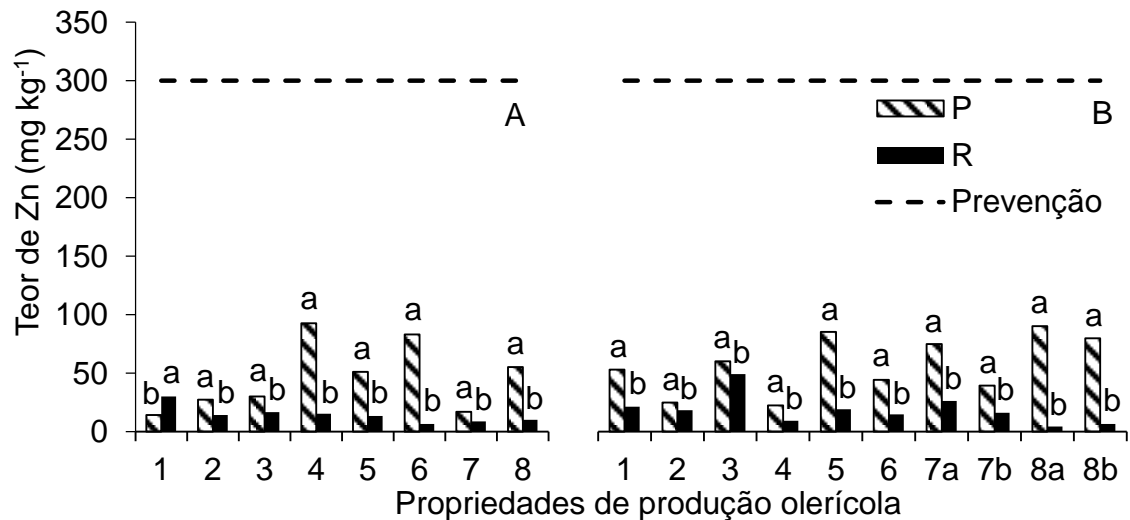
A maioria das áreas cultivadas não apresentou acúmulo de Pb quando comparadas à condição sem cultivo hortícola. O teor de Pb nas áreas de produção variou de 5,2 a 23,7  $\text{mg kg}^{-1}$  (Tabela 8). Apenas as áreas de cultivo orgânico AO4, AO6 e AO8, e de cultivo organomineral OM3, OM8a e OM8b apresentaram aumento no teor de Pb, o qual é possivelmente resultado da utilização de fertilizante orgânico em quantidade muito acima do máximo recomendado. Foi observado teor de Pb no solo em todas as áreas cultivadas menor que o nível de prevenção estabelecido pelo CONAMA (2009), de 72  $\text{mg kg}^{-1}$  (Figura 8).



**Figura 8.** A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t  $p < 0,05$  entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Pb determinado conforme método EPA 3050b; valor de prevenção, segundo resolução n° 420 do CONAMA (2009).

Kabata–Pendias e Murkherjee (2007) e Lu et al. (2012) afirmam que a principal fonte de Pb no solo é o seu material de origem.

O teor de Zn no solo aumentou nas áreas cultivadas na maioria das propriedades. O aumento no teor de Zn é resultado do uso de fertilizante orgânico em quantidade muito acima do recomendado (Apêndice 1). O incremento no teor de Zn no solo também foi notado por Sampaio et al. (2009) em experimento com a aplicação de doses crescentes de lixo urbano. Lu et al. (2012) constatou que as práticas agrícolas são a principal fonte de Cu, Mn e Zn nos solos agrícolas em Shunyi, um subúrbio agrícola de Pequim, na China. Uprety et al. (2009) em experimento de mais de 50 anos aplicando diferentes tipos de fertilizantes orgânicos e minerais, também observou incremento de Cu, Mn e Zn no solo onde foi aplicado cama de aves. Nos solos cultivados, o teor de Zn variou de 14 a 93 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 8). Foi observado teor de Zn no solo em todas as áreas cultivadas menor que o nível de prevenção estabelecido pelo CONAMA (2009), de 300 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 9).



**Figura 9.** A = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; B = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t  $p < 0,05$  entre área de produção e referência; ns = não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor de Zn determinado conforme método EPA 3050b; valor de prevenção, segundo resolução n° 420 do CONAMA (2009).

Fernandes et al. (2007) também observaram grande variação no teor de Zn nas áreas de produção olerícola. O principal fator do solo que se correlacionou negativamente com o teor de Cu e do Zn no solo foi o pH. Zeng et al. (2011) afirmam que o aumento do pH resulta na precipitação dos ETs com carbonatos, diminuindo a sua disponibilidade.

#### 5.4 Teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn nas plantas de alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta cultivada e consumida em todo o território brasileiro. Entre as hortaliças, é a mais cultivada próxima dos centros urbanos. Há vários tipos de alface, que diferem quanto a: formação da “cabeça”, morfologia, maciez, rugosidade, comprimento das folhas e tempo de desenvolvimento. Os principais tipos de alface cultivados são: a lisa, a americana, a crespa, a crespa roxa, a mimosa verde, a mimosa roxa e a romana. Os tipos de alface mais consumidos no Brasil são as crespas e as lisas. A alface do tipo lisa é caracterizada por apresentar folhas lisas, delicadas, macias, com nervuras pouco salientes e tempo de colheita de 55 a 80 dias após a semeadura. A alface crespa apresenta folhas grandes e crespas,

textura macia, mas consistente, não forma cabeça, e tempo de colheita de 60 a 80 dias após a semeadura. A alface do tipo americana apresenta folhas crespas, consistentes e crocantes, cabeça grande e compacta, e tempo de colheita de 70 a 90 dias após a semeadura, dependendo da época do ano e sistema de produção. A alface do tipo mimosa, verde e roxa, apresenta folhas com a borda bastante entrecortada, textura macia, sem formação de cabeça. A alface do tipo romana apresenta folhas alongadas, duras, nervuras claras e cabeça longa (Henz & Suinaga, 2009; Resende et al., 2007).

O uso de plantas acumuladoras como indicadoras de contaminação do solo e do ambiente por ETs é uma ferramenta empregada na determinação da qualidade do solo. A alface possui capacidade de acumular Cd, Cr, Cu, Pb e Zn em grandes quantidades na parte aérea (Dinardi et al., 2003; Pereira et al., 2011). Essa característica da alface possibilita que ela seja utilizada como planta indicadora da disponibilidade de ETs em áreas de produção olerícola.

Nas 16 áreas de produção olerícola avaliadas, foram coletadas 49 amostras de plantas de alface (parte aérea e raiz). O teor de P na parte aérea das plantas em geral variou entre 0,6 a 0,9 %; o teor K de 6,3 a 8,3%; o teor de Ca de 0,7 a 1,0 % e o teor de Mg de 0,2 a 0,3 % (Tabela 9).

**Tabela 9.** Número total de amostras coletadas e teores médios de P, K, Ca e Mg na massa seca da parte aérea das amostras de plantas de alface

Tipo de alface	Quantidade	P	K	Ca	Mg
	n° total	----- % -----			
Cultivo Orgânico					
Americana	6	0,7	7,1	0,8	0,3
Lisa	6	0,9	7,2	0,8	0,3
Mimosa roxa	3	0,8	7,3	0,8	0,3
Crespa	9	0,6	6,8	0,7	0,3
Mimosa verde	3	0,6	6,4	0,8	0,3
Média	27	0,7	7,0	0,8	0,3
Cultivo Organomineral					
Americana	6	0,7	6,3	0,7	0,2
Lisa	2	0,8	7,3	1,0	0,3
Mimosa roxa	4	0,7	8,3	0,8	0,3
Crespa	9	0,6	6,9	0,8	0,3
Mimosa verde	1	0,7	8,0	0,9	0,3
Média	22	0,7	7,0	0,8	0,3

Teores de P, K, Ca e Mg determinados conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Não foi observado diferenças no teor médio de P, K, Ca e Mg nas alfaces oriundas dos dois sistemas de cultivo. Os resultados observados do teor de P e K estão dentro da faixa considerada adequada para a alface. Os teores de Ca e Mg estão abaixo da faixa considerada adequada (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004).

Não foi observado teor de Cd acima do limite máximo estabelecido pelo *Codex Alimentarius* (FAO/WHO, 1995) como sendo seguro para o consumo humano na parte aérea das amostras de alface (Tabela 10).

**Tabela 10.** Teores de Cd e Cr na massa seca da parte aérea em amostras de plantas de alface em cultivo orgânico e organomineral

Tipo de alface	Orgânico				Organomineral			
	Min.	Máx.	Média	$\sigma$	Min	Máx.	Média	$\sigma$
Cádmio								
----- $\mu\text{g kg}^{-1}$ -----								
Americana	< 0,4	33,7	6,0 <sup>ns</sup>	13,6	< 0,4	20,8	4,6 <sup>ns</sup>	8,2
Lisa	< 0,4	< 0,4	< 0,4 <sup>b</sup>	0,0	103,1	106,3	104,7 <sup>a</sup>	2,3
Mimosa roxa	< 0,4	69,7	23,5 <sup>ns</sup>	21,0	< 0,4	90,2	45,2 <sup>ns</sup>	41,3
Crespa	< 0,4	63,9	12,2 <sup>ns</sup>	40,0	< 0,4	5,8	1,2 <sup>ns</sup>	1,8
Mimosa verde	< 0,4	< 0,4	< 0,4 <sup>b</sup>	0,0	293,1	293,1	293,1 <sup>a</sup>	0,0
Média	< 0,4	69,7	8,1 <sup>b</sup>	18,7	< 0,4	293,1	31,4 <sup>a</sup>	34,5
Cromo								
----- $\text{mg kg}^{-1}$ -----								
Americana	1,8	21,9	7,5 <sup>a</sup>	7,6	1,8	5,8	2,7 <sup>b</sup>	2,9
Lisa	1,8	13,9	4,1 <sup>ns</sup>	4,7	1,8	3,8	2,8 <sup>ns</sup>	2,5
Mimosa roxa	1,8	13,9	5,8 <sup>ns</sup>	6,0	1,8	5,8	3,3 <sup>ns</sup>	2,7
Crespa	1,8	17,9	5,2 <sup>ns</sup>	6,1	1,8	9,8	3,4 <sup>ns</sup>	3,2
Mimosa verde	1,8	21,9	9,2 <sup>ns</sup>	9,9	1,8	1,8	1,8 <sup>ns</sup>	0,0
Média	1,8	21,9	6,0 <sup>a</sup>	6,7	1,8	9,8	3,0 <sup>b</sup>	2,8

D.P. = Desvio Padrão. Limite de detecção: Cd = 0,4  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Teores de Cd e Cr obtidos pelo método USEPA 3050b. Teste t  $p < 0,05$  entre amostras de alface do mesmo tipo; <sup>ns</sup> não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Letras minúsculas na mesma linha diferem o teor de elemento-traço entre as amostras de alface do mesmo tipo;  $\sigma$  = desvio padrão.

O teor de Cd na parte aérea das plantas de alface variou de 0,4 a 293,1  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de massa seca. Nas alfaces oriundas de cultivo orgânico não certificado o teor médio de Cd foi menor ( $p < 0,05$ ) do que as originadas de cultivo organomineral (Tabela 10).

O Cd não apresenta nenhuma função conhecida nas plantas e dependendo do teor de Cd disponível no solo, pode tornar-se fitotóxico,



prejudicando o ambiente e a saúde humana. A absorção do Cd difere entre as espécies e cultivares de plantas (Pereira et al., 2011). A absorção do Cd ocorre por complexos inorgânicos solúveis, como  $\text{CdCl}^+$ ,  $\text{CdCl}_2$  e  $\text{CdSO}_4$  ou como complexos orgânicos, como fitosideróforos, da mesma maneira como ocorre com o Zn (Hasan et al., 2009). O principal mecanismo de tolerância a Cd nas plantas é formação de quelantes, como fitoquelatinas e citrato, que posteriormente complexam o Cd, e o acumulam no vacúolo (Souza et al., 2007). Segundo Pereira et al. (2011), a alface apresenta alta capacidade de translocação de Cd do solo para as folhas jovens. Ao contrário dos resultados observados nesta pesquisa, Malavolta et al. (2003), verificaram maior teor de Cd na alface de cultivo orgânico do que na organomineral. Fernandes et al. (2007) e Costa et al. (2001) verificaram a mesma faixa de valores de Cd encontrados neste estudo em amostras coletadas a campo. Houve correlação negativa ( $p < 0,05$ ) entre a concentração de Cd na parte aérea das plantas e o pH do solo. Essa correlação entre o pH e o teor de Cd também foi citado por Pereira et al. (2011). O aumento do pH resulta em maior adsorção do Cd pelos compostos orgânicos, diminuindo assim a sua biodisponibilidade (Kabata-Pendias & Murkherjee, 2007). Os teores de Cd e Zn na parte aérea das plantas de alface coletadas apresentaram correlação positiva ( $p < 0,05$ ) em ambos os sistemas de cultivo (Apêndice 4). Esta interação sinérgica entre o Cd e Zn é corroborada por Kabata-Pendias e Pendias (2001), embora, segundo Hasan et al. (2009), em condições de baixa disponibilidade de Zn, a interação entre Cd e Zn torna-se antagônica.

Não foi observada concentração de Cr acima do limite máximo estabelecido como sendo seguro para o consumo humano na parte aérea na maioria das amostras de alface (ANVISA, 1965). O teor médio de Cr na parte aérea das amostras de alface coletadas nas áreas de cultivo orgânico variou de 1,8 a 21,9  $\text{mg kg}^{-1}$ . Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Cr foi de 3,0  $\text{mg kg}^{-1}$ , variando entre 1,8 a 9,8  $\text{mg kg}^{-1}$  de massa seca. Também verificou-se teor médio de Cr maior ( $p < 0,05$ ) nas amostras de alface oriundas de áreas de cultivo orgânico não certificado, do que das áreas de cultivo organomineral (Tabela 10). Malavolta et al. (2003) observaram maior teor de Cr nas amostras de alface organomineral do que na orgânica. O Cr não possui essencialidade para as plantas, sendo requerido apenas por microrganismos e

animais. No solo, o Cr ocorre nas formas de Cr(III) e Cr(VI), que diferem em termos de mobilidade, biodisponibilidade e toxicidade. Nas plantas, o Cr pode induzir o estresse oxidativo, afetando o metabolismo antioxidante. Enzimas antioxidantes são suscetíveis ao Cr, resultando em menor atividade. Algumas plantas apresentam metalotioneínas e ácidos orgânicos, que aumentam a tolerância e inibem a ação do Cr (Castilhos et al., 2001; Panda & Chounhury, 2005). A alface é sensível ao Cr, apresentando baixa capacidade de translocação do Cr das raízes para a parte aérea (Aquino Neto & Camargo, 2000). No entanto, Kasehm e Warman (2009), avaliando o efeito da aplicação de composto de Cr misturado com palha e cama de aves na alface, observaram que o Cr não interferiu no crescimento da alface. Os teores de Cr determinados por Fernandes et al. (2007) em amostras coletadas a campo foram menores ao observado nesta pesquisa. Costa et al. (2001) verificaram, em diferentes cultivares de alface adubadas com lixo urbano, teores de Cr na parte aérea muito próximos aos observados neste trabalho. Também verificou-se correlação positiva entre o teor de Cr na parte aérea das amostras coletadas nas áreas de cultivo orgânico e o teor de argila do solo ( $r = 0,8365$ ;  $p = 0,0096$ ;  $n = 8$ ). Nas áreas de cultivo organomineral, constatou-se correlação positiva entre o teor de Cr na parte aérea das plantas com o teor de CO do solo ( $r = 0,8642$ ;  $p = 0,0121$ ;  $n = 7$ ) e o pH ( $r = 0,8383$ ;  $p = 0,0184$ ;  $n = 7$ ) (Apêndice 2). Os resultados observados contrariam as afirmações de Kabata-Pendias e Murkherjee (2007), que afirmam que o aumento dos teores de argila e CO e o pH do solo, diminui a disponibilidade do Cr no solo.

Não foi observada concentração de Cu acima do limite máximo estabelecido como sendo seguro para o consumo humano na parte aérea de na maioria das amostras de alface (ANVISA, 1998) (Tabela 11).

**Tabela 11.** Teores de Cu e Mn na massa seca da parte aérea em amostras de plantas de alface em cultivo orgânico e organomineral

Tipo de alface	Orgânico				Organomineral			
	Min.	Máx.	Média	$\sigma$	Min	Máx.	Média	$\sigma$
----- mg kg <sup>-1</sup> -----								
Cobre								
Americana	4,0	9,5	6,4 <sup>ns</sup>	2,2	2,9	6,4	5,0 <sup>ns</sup>	1,3
Lisa	5,1	12,7	8,8 <sup>ns</sup>	2,7	2,9	6,2	4,6 <sup>ns</sup>	2,3
Mimosa roxa	4,0	13,8	8,8 <sup>ns</sup>	4,9	2,9	7,3	5,7 <sup>ns</sup>	2,1
Crespa	2,9	9,5	5,8 <sup>ns</sup>	1,9	2,9	6,2	4,6 <sup>ns</sup>	1,4
Mimosa verde	7,3	10,6	8,8 <sup>ns</sup>	1,7	5,1	5,1	5,1 <sup>ns</sup>	0,0
Média	2,9	13,8	7,3 a	2,4	2,9	7,3	4,9 b	1,5
Manganês								
Americana	22,8	70,9	40,1 <sup>ns</sup>	18,6	13,3	95,7	33,8 <sup>ns</sup>	31,5
Lisa	23,5	93,5	54,9 <sup>ns</sup>	28,3	61,4	127,1	94,2 <sup>ns</sup>	46,4
Mimosa roxa	22,8	237,9	98,4 <sup>ns</sup>	121,0	11,1	79,6	39,7 <sup>ns</sup>	32,0
Crespa	14,7	462,6	103,7 <sup>ns</sup>	141,0	9,6	58,5	30,0 <sup>ns</sup>	16,5
Mimosa verde	16,9	183,2	101,8 <sup>ns</sup>	83,2	193,4	193,4	193,4 <sup>ns</sup>	0,0
Média	14,7	462,6	77,9 <sup>ns</sup>	93,8	9,6	193,4	45,2 <sup>ns</sup>	44,8

D.P. = Desvio Padrão. Teores de Cu e Mn obtidos pelo método USEPA 3050b. Teste t p<0,05 entre amostras de alface do mesmo tipo; <sup>ns</sup> não significativo pelo Teste t p<0,05; Letras minúsculas na mesma linha diferem o teor de elemento-traço entre as amostras de alface do mesmo tipo;  $\sigma$  = desvio padrão.

O teor médio de Cu nas amostras de plantas coletadas nas áreas de cultivo orgânico não certificado foi de 7,3 mg kg<sup>-1</sup>, variando entre 2,9 a 13,8 mg kg<sup>-1</sup>. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Cu foi de 4,9 mg kg<sup>-1</sup>, variando entre 2,9 a 7,3 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Também se verificou teor médio de Cu maior (p<0,05) nas amostras de alface oriundas de áreas de cultivo orgânico não certificado, do que das áreas de cultivo organomineral (Tabela 11). Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), o teor de Cu está abaixo da faixa considerada adequada na parte aérea das plantas de alface sob cultivo orgânico e organomineral. O Cu desempenha papel fundamental em vários processos nas plantas, como: fotossíntese, respiração, desintoxicação de radicais superóxido e lignificação. A eficiência na absorção do Cu difere entre as espécies de plantas. Sua mobilidade dentro das plantas é dependente do estado nutricional em termos de Cu e N. Devido à ligação do Cu com a parede celular, o transporte do Cu da raiz para as brotações é lento (Kirkby & Römheld, 2007). Fernandes et al. (2007) e Costa et

al. (2001) também observaram teores de Cu próximos aos constatados neste trabalho em amostras coletadas a campo. Kirkby e Römheld (2007) afirmam que a adubação nitrogenada diminui a disponibilidade do Cu dentro da planta, ocorrendo maior acúmulo nas raízes. Esta afirmação confirma o teor médio de Cu menor na parte aérea das plantas oriundas de cultivo organomineral, as quais recebem adubação mineral nitrogenada. O maior teor médio de Cu nas alfaces orgânicas do que nas organominerais, também pode ter sido influenciado pelo maior teor de Cu extraível por HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> (Tabela 6) nas áreas de cultivo orgânico. Segundo Bortolon e Gianello (2009), o HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> é um dos extratores que apresenta maior correlação entre o teor de Cu no solo e na planta. Entretanto, verificou-se apenas correlação entre o teor de Cu extraível por HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> nas áreas de cultivo orgânico e não nas áreas de cultivo organomineral. Kelly e Bateman (2010) também observaram teor maior de Cu nas alfaces produzidas no sistema orgânico do que no convencional. No entanto, Malavolta et al. (2003) obtiveram maior teor de Cu na alface organomineral do que na orgânica.

O teor médio de Mn nas amostras de alface coletadas nas áreas de cultivo orgânico não certificado foi de 77,9 mg kg<sup>-1</sup>, variando entre 14,7 a 462,6 mg kg<sup>-1</sup>. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Mn foi de 45,2 mg kg<sup>-1</sup>, variando entre 9,6 a 193,4 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca (Tabela 11). A variação do teor de Mn na parte aérea das plantas é decorrente da maior ou menor disponibilidade do Mn no solo (Tabela 6). Não foi verificada diferença ( $p > 0,05$ ) no teor de Mn nas amostras de alface oriundas de ambos os sistemas de cultivo (Tabela 10). Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), o teor de Mn está dentro da faixa considerada adequada na parte aérea das plantas de alface em ambos os sistemas de produção. A exceção foi a alface do tipo americana, que apresentou teor abaixo da faixa considerada adequada na maioria das amostras de alface oriundas de ambos os sistemas de produção. O Mn é um metal que integra a enzima que quebra a molécula da água no fotossistema II (FS II) e da superóxido dismutase. A absorção do Mn pelas raízes envolve microrganismos da rizosfera, que são estimulados pelas raízes. Na planta, o Mn é transportado via xilema das raízes para as folhas e ramos jovens (McBride, 1994; Kirkby & Römheld, 2007). Fernandes et al. (2007) notaram teores de Mn na mesma faixa constatada neste trabalho. As

amostras de alface das áreas de cultivo orgânico apresentaram tendência de teor médio de Mn da parte aérea maior do que as áreas de cultivo organomineral. O uso de glifosato repetidas vezes na área de produção organomineral inibe a absorção de Mn pelas plantas (Kirkby & Römheld, 2007). Os resultados desta pesquisa confirmam a hipótese de Kirkby e Römheld (2007), visto que, nessas áreas, o controle de plantas daninhas é realizado com o uso de glifosato. Entretanto, Malavolta et al. (2003) observaram maior teor de Mn na alface organomineral do que na orgânica. O maior teor médio de Mn nas alfaces orgânicas do que nas organominerais, também pode ter sido influenciado pelo maior teor de Mn extraível por Mehlich-1 (Tabela 6) nas áreas de cultivo orgânico. Segundo Bortolon e Gianello (2009), o método Mehlich-1 é um dos métodos de extração que apresenta maior correlação entre o teor de Mn no solo e na planta. Entretanto, não foi verificada correlação entre o teor de Mn extraível por Mehlich-1 tanto nas áreas de cultivo orgânico quanto organomineral. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor de CO do solo correlacionou-se negativamente ( $r = -0,8290$ ;  $p = 0,0211$ ;  $n = 7$ ) com o teor de Mn na parte aérea. O teor de Mn na parte aérea das plantas correlacionou-se negativamente com o pH do solo em ambos os sistemas de adubação (Apêndice 2). O efeito antagônico causado pelo CO e o pH do solo na disponibilidade do Mn é confirmado por Kabata-Pendias e Murkherjee (2007). Stauton (2002) afirma que é altamente complexa a reação dos ETs com a matéria orgânica (MO). Esta depende da natureza da MO e dos ETs. Entretanto, Stertz et al. (2005) não observaram diferença nos teores de Cd, Cu e Mn entre as alfaces orgânica e convencional. Verificou-se correlação positiva entre a concentração de Cu e Cr na parte aérea das plantas coletadas na área de produção orgânica ( $r = 0,8234$ ;  $p = 0,0120$ ;  $n = 8$ ) (Apêndice 2). Este resultado é contrário ao que afirma Kabata-Pendias e Pendias (2001), que sugerem haver possível antagonismo entre o teor de Cr e Cu nas plantas. Verificou-se correlação positiva entre os teores de Mn e Zn e entre Mn e Cd na parte aérea das plantas coletadas nas áreas de cultivo orgânico e organomineral. Também foi observada correlação negativa entre Cr e Mn na parte aérea das plantas coletadas nas áreas de cultivo organomineral ( $r = -0,8218$ ;  $p = 0,0233$ ;  $n = 7$ ) (Apêndice 2). Estes resultados são confirmados por Kabata-Pendias e Pendias (2001), que sugerem haver sinergismo entre o

teor de Mn com os teores de Zn e Cd e antagonismo entre os teores de Cr e Mn na parte aérea das plantas.

Foi constatado teor de Pb acima do limite máximo de 7,1 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca de alface estabelecido no *CODEX alimentarius* (FAO/WHO, 1995) considerado seguro para o consumo humano em uma amostra de alface do tipo americana (14,6 mg kg<sup>-1</sup>) e uma amostras de alface do tipo lisa (13,9 mg kg<sup>-1</sup>) oriundas das áreas de produção organomineral (Tabela 12 e Apêndice 5).

**Tabela 12.** Teores de Pb e Zn na massa seca da parte aérea em amostras de plantas de alface em cultivos orgânico e organomineral

Tipo de alface	Orgânico				Organomineral			
	Min.	Máx.	Média	$\sigma$	Min.	Máx.	Média	$\sigma$
----- mg kg <sup>-1</sup> -----								
Chumbo								
Americana	< 1,0	7,6	3,5 <sup>ns</sup>	2,4	4,1	14,6	6,6 <sup>ns</sup>	3,9
Lisa	2,2	5,3	4,3 <sup>ns</sup>	1,1	< 1,0	13,9	7,5 <sup>ns</sup>	9,1
Mimosa roxa	1,1	2,7	2,1 <sup>ns</sup>	0,8	< 1,0	2,7	1,5 <sup>ns</sup>	0,8
Crespa	< 1,0	22,3	5,5 <sup>ns</sup>	6,8	< 1,0	6,9	3,5 <sup>ns</sup>	2,3
Mimosa verde	< 1,0	1,2	1,1 <sup>b</sup>	0,1	7,1	7,1	7,1 <sup>a</sup>	0,0
Média	< 1,0	22,3	3,9 <sup>ns</sup>	4,2	< 1,0	14,6	4,6 <sup>ns</sup>	3,7
Zinco								
Americana	39,9	56,8	50,9 <sup>ns</sup>	7,0	33,4	86,9	55,1 <sup>ns</sup>	17,5
Lisa	45,2	75,4	55,4 <sup>b</sup>	11,0	77,6	83,6	80,6 <sup>a</sup>	4,2
Mimosa roxa	48,0	64,1	55,2 <sup>ns</sup>	8,2	41,7	85,2	60,4 <sup>ns</sup>	19,1
Crespa	35,4	72,6	50,2 <sup>ns</sup>	9,7	34,2	51,7	43,9 <sup>ns</sup>	6,2
Mimosa verde	40,7	59,3	52,8 <sup>b</sup>	10,4	110,5	110,5	110,5 <sup>a</sup>	0,0
Média	35,4	75,4	52,3 <sup>ns</sup>	9,0	33,4	110,5	56,1 <sup>ns</sup>	24,6

D.P. = Desvio Padrão. Limite de detecção: Pb = 1,0 mg kg<sup>-1</sup>; Teores de Pb e Zn obtidos pelo método USEPA 3050b;  $\sigma$  = desvio padrão.

Nas áreas de cultivo orgânico não certificado, três amostras de alface apresentaram teor de Pb acima do limite máximo para o consumo humano de 7,1 mg kg<sup>-1</sup>, sendo uma amostra de alface do tipo americana (7,6 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca) e duas amostras de alface do tipo crespa (9,6 mg e 22,3 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca). O teor médio de Pb nas amostras de plantas coletadas nas áreas de cultivo orgânico foi de 3,9 mg kg<sup>-1</sup>, variando entre < 1,0 a 22,3 mg kg<sup>-1</sup>. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Pb foi de 4,6 mg kg<sup>-1</sup>, variando entre < 1,0 a 14,6 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Entretanto, não foi possível verificar diferença ( $p > 0,05$ ) no teor de Pb entre

amostras de alface do mesmo tipo oriundas de ambos os sistemas de cultivo. Apenas a alface do tipo mimosa verde das áreas de cultivo organomineral apresentou teor médio de Pb maior ( $p < 0,05$ ) do que a das áreas de cultivo orgânico (Tabela 12). O Pb é um metal que, quando em excesso, se acumula no ambiente. Nas plantas, inibe a fotossíntese, altera o balanço nutricional e hormonal, afetando a estrutura e a permeabilidade da membrana celular. Nas raízes, uma das possíveis rotas de entrada por meio da membrana plasmática seria via canais de cátions, como o canal de cálcio. As plantas apresentam duas estratégias básicas de tolerância a Pb: a estratégia de exclusão e a de acumulação. Um dos mecanismos de exclusão é a liberação de mucilagem na raiz, que protege a planta contra a entrada do Pb. A estratégia de acúmulo envolve a deposição do Pb em espaços intercelulares, parede celular e vacúolos (Sharma & Dubey, 2005). A alface é acumuladora de Pb (Machado et al., 2008), podendo ser usada como bioindicadora deste ET no ambiente. Fernandes et al. (2007) em trabalho avaliando amostras de plantas olerícolas coletadas em áreas de produção, e Costa et al. (2001) em alface adubada com lixo urbano, verificaram teores de Pb abaixo do verificado neste trabalho. As principais fontes de Pb são: a cama de aves, os fungicidas e os inseticidas (Núñez et al., 2006). Nas áreas de cultivo organomineral, o uso de fungicidas e inseticidas no controle de pragas e doenças pode ter contribuído para o maior teor de Pb na parte aérea. No entanto, Malavolta et al. (2003) observaram teor de Pb maior na alface orgânica do que na organomineral. Machado et al. (2008) constataram teor de Pb acima do limite máximo em alface, na dose de  $20 \text{ t ha}^{-1}$  de cama de aves em dose única. Não foi encontrada correlação ( $p > 0,05$ ) do teor de Pb na parte aérea das plantas com nenhum atributo do solo (Apêndice 4).

O teor médio de Zn nas amostras de plantas coletadas nas áreas de produção orgânica não certificada foi de  $52,3 \text{ mg kg}^{-1}$ , variando entre  $35,4$  a  $75,4 \text{ mg kg}^{-1}$ . Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Zn foi de  $56,1 \text{ mg kg}^{-1}$ , variando entre  $33,4$  a  $110,5 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa seca. As amostras de alface do tipo lisa e mimosa verde das áreas de cultivo organomineral apresentaram teor médio de Zn maior ( $p < 0,05$ ) do que as de cultivo orgânico (Tabela 12). O Zn faz parte de enzimas como: álcool desidrogenase, anidrase carbônica (AC) e RNA polimerase. Também é ativador de inúmeras enzimas e

desempenha papel fundamental no metabolismo de carboidratos. Os principais mecanismos de mobilização do Zn no solo são: a difusão e a liberação de fitosideróforos pelas raízes, que aumentam a difusão do Zn. Na raiz, as plantas apresentam transportadores de Zn, que são responsáveis por sua absorção. No interior da planta, o Zn é transportado via floema da raiz para as folhas jovens (Kirkby & Römheld, 2007). Fernandes et al. (2007) e Costa et al. (2001) constataram teores de Zn próximo ao observado neste trabalho em amostras de alface coletadas em áreas de produção olerícola no estado de Minas Gerais e em experimento com doses crescentes de lixo urbano, respectivamente. Malavolta et al. (2003) também observaram maior teor de Zn na alface organomineral do que na orgânica. Entretanto, Stertz et al. (2005) não observaram diferença nos teores de Pb e Zn entre as alfaces orgânica e convencional. Kelly e Bateman (2010) também não observaram diferença no teor de Zn entre alfaces orgânica e convencional. Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004), o teor de Zn está dentro da faixa considerada adequada na parte aérea das plantas de alface em ambos os sistemas de produção. O teor de Zn na parte aérea das plantas correlacionou-se negativamente com o pH H<sub>2</sub>O do solo (Orgânico:  $r = -0,9285$ ; Organomineral:  $r = -0,8673$ ) em ambos os sistemas de cultivo. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor de CO correlacionou-se negativamente ( $r = -0,7639$ ;  $p = 0,0456$ ;  $n = 7$ ) com o teor de Zn na parte aérea (Apêndice 3). O efeito adverso causado pelo CO e o pH do solo no teor de Zn na parte aérea das plantas é citado por Kabata – Pendias e Murkherjee (2007) e Stauton (2002). O aumento do pH do solo resulta na dissociação dos íons H<sup>+</sup> dos grupos carboxílicos da MOS, a qual reage com o Zn, formando complexos ( $\text{COO}^- + \text{Zn}^{2+} \rightarrow \text{COO} - \text{Zn}^+$ ).

Outras importantes fontes de variação de teores de ETs são os tipos e cultivares de alface, as quais diferem quanto ao tempo necessário para que atinja o ponto de colheita (Rezende et al., 2007). A origem das mudas também auxilia como fonte de variação no teor de ETs, uma vez que, uma muda de alface leva de 15 a 20 dias para atingir o número de folhas e o tamanho ideal para ser transplantada (Andriolo et al., 2003; Trani et al., 2004). Costa et al. (2001) observaram diferença nos teores de ETs entre cultivares de alface. Santos et al. (1997 e 1999) observaram diferença nos teores de ETs entre os



tipos de alface. Fernandes et al. (2007), sem terem identificado os tipos ou cultivares de alface, verificaram grande variação no teor de ETs nas amostras de alface. Essas afirmações confirmam as tendências observadas neste trabalho, em que se verificou diferença no teor de ETs entre os tipos de alface e entre as amostras de alface do mesmo tipo (Apêndice 5).

Em ambos os sistemas de cultivo, o teor de Cd e Cr não diferiram na maioria dos casos entre a parte aérea e a raiz ( $p > 0,05$ ) (Tabelas 13).

**Tabela 13.** Acúmulo e distribuição dos teores médios de Cd e Cr na parte aérea e raiz das plantas de alface

Tipo de alface	Cultivo orgânico		Cultivo Organomineral	
	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz
Cádmio				
----- $\mu\text{g kg}^{-1}$ -----				
Americana	6,0 <sup>ns</sup>	5,0 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	21,0 <sup>ns</sup>
Lisa	< 0,4 <sup>ns</sup>	< 0,4 <sup>ns</sup>	104,7 <sup>ns</sup>	111,8 <sup>ns</sup>
Mimosa roxa	23,5 <sup>ns</sup>	18,0 <sup>ns</sup>	45,2 <sup>ns</sup>	64,4 <sup>ns</sup>
Crespa	12,2 <sup>ns</sup>	43,4 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	12,2 <sup>ns</sup>
Mimosa verde	< 0,4 <sup>ns</sup>	9,6 <sup>ns</sup>	293,1 a	283,0 b
Média	8,1 <sup>ns</sup>	18,7 <sup>ns</sup>	32,8 <sup>ns</sup>	45,5 <sup>ns</sup>
Cromo				
----- $\text{mg kg}^{-1}$ -----				
Americana	7,5 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>
Lisa	4,2 <sup>ns</sup>	4,8 <sup>ns</sup>	2,8 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>
Mimosa roxa	5,8 <sup>ns</sup>	3,8 <sup>ns</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	1,8 <sup>ns</sup>
Crespa	5,2 <sup>ns</sup>	4,6 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>	3,8 <sup>ns</sup>
Mimosa verde	9,2 <sup>ns</sup>	5,8 <sup>ns</sup>	1,8 b*	13,9 a
Média	6,0 <sup>ns</sup>	4,3 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	3,4 <sup>ns</sup>

Teste t  $p < 0,05$  entre parte aérea e raiz; Letras minúsculas indicam diferença entre parte aérea e raiz das mesmas plantas; <sup>ns</sup> não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Teores de Cd e Cr obtidos pelo método USEPA 3050b.

O teor médio de Cd na parte aérea das amostras coletadas nas áreas de cultivo orgânico não certificado foi de 8,1  $\mu\text{g kg}^{-1}$  e na raiz, de 18,7  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de massa seca. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Cd na parte aérea foi 32,8  $\mu\text{g kg}^{-1}$  e na raiz, de 45,5  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de massa seca. O teor médio de Cr na parte aérea das amostras coletadas nas áreas de cultivo orgânico foi de 6,0  $\text{mg kg}^{-1}$  e na raiz, de 4,3  $\text{mg kg}^{-1}$  de massa seca. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Cr na parte aérea foi de 3,1  $\text{mg kg}^{-1}$  e na raiz, de 3,4  $\text{mg kg}^{-1}$  de massa seca (Tabela 13).

O teor de Cu foi maior ( $p < 0,05$ ) na raiz do que na parte aérea em ambos os sistemas de produção (Tabela 14).

**Tabela 14.** Acúmulo e distribuição dos teores de Cu e Mn na parte aérea e raiz das plantas de alface

Tipo de alface	Cultivo orgânico		Cultivo Organomineral	
	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz
----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
Cobre				
Americana	6,4 b	16,8 a	5,0 b	14,6 a
Lisa	8,7 b	16,6 a	4,6 <sup>ns</sup>	7,0 <sup>ns</sup>
Mimosa roxa	8,7 <sup>ns</sup>	14,4 <sup>ns</sup>	5,7 b	12,3 a
Crespa	5,8 b	15,5 a	4,6 b	12,2 a
Mimosa verde	8,7 <sup>ns</sup>	13,3 <sup>ns</sup>	5,1 b	16,0 a
Média	7,3 b	15,7 a	4,9 b	12,6 a
Manganês				
Americana	40,1 <sup>ns</sup>	45,3 <sup>ns</sup>	33,8 <sup>ns</sup>	35,8 <sup>ns</sup>
Lisa	54,8 <sup>ns</sup>	46,1 <sup>ns</sup>	94,2 <sup>ns</sup>	49,6 <sup>ns</sup>
Mimosa roxa	98,4 <sup>ns</sup>	50,5 <sup>ns</sup>	39,7 <sup>ns</sup>	29,8 <sup>ns</sup>
Crespa	103,7 <sup>ns</sup>	62,3 <sup>ns</sup>	30,0 <sup>ns</sup>	21,3 <sup>ns</sup>
Mimosa verde	101,8 <sup>ns</sup>	72,4 <sup>ns</sup>	193,4 a	98,2 b
Média	77,9 <sup>ns</sup>	54,7 <sup>ns</sup>	46,1 <sup>ns</sup>	32,8 <sup>ns</sup>

Teste t  $p < 0,05$  entre parte aérea e raiz; Letras minúsculas indicam diferença entre parte aérea e raiz das mesmas plantas; <sup>ns</sup> não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Teores de Cu e Mn obtidos pelo método USEPA 3050b.

O teor médio de Cu na parte aérea das amostras coletadas nas áreas de cultivo orgânico não certificado foi de 7,3 mg kg<sup>-1</sup> e na raiz, de 15,7 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Cu na parte aérea foi de 4,9 mg kg<sup>-1</sup> e na raiz, de 12,6 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. O teor médio de Mn na parte aérea das amostras coletadas nas áreas de produção orgânica foi de 77,9 mg kg<sup>-1</sup> e na raiz, de 54,7 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Mn na parte aérea foi de 46,1 mg kg<sup>-1</sup> e na raiz, de 32,8 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Dentre os tipos de alface avaliados, a alface do tipo mimosa verde da área de cultivo organomineral apresentou teor maior ( $p < 0,05$ ) de Cd e Mn, e menor ( $p < 0,05$ ) de Cr na parte aérea do que na raiz (Tabela 14).

Os teores médios de Pb e Zn não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre a parte aérea e a raiz na maioria das amostras em ambos os sistemas de cultivo (Tabela 15).

**Tabela 15.** Acúmulo e distribuição dos teores de Pb e Zn na parte aérea e raiz das plantas de alface

Tipo de alface	Cultivo orgânico		Cultivo Organomineral	
	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz
----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
Chumbo				
Americana	3,4 <sup>ns</sup>	4,9 <sup>ns</sup>	6,6 <sup>ns</sup>	4,2 <sup>ns</sup>
Lisa	4,2 <sup>ns</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	7,4 <sup>ns</sup>	5,0 <sup>ns</sup>
Mimosa roxa	2,0 <sup>ns</sup>	2,4 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	3,7 <sup>ns</sup>
Crespa	5,5 <sup>ns</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	3,5 <sup>ns</sup>	4,7 <sup>ns</sup>
Mimosa verde	1,1 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	7,1 <sup>a</sup>	1,0 <sup>b</sup>
Média	3,9 <sup>ns</sup>	3,2 <sup>ns</sup>	4,5 <sup>ns</sup>	4,2 <sup>ns</sup>
Zinco				
Americana	50,9 <sup>ns</sup>	51,2 <sup>ns</sup>	55,1 <sup>ns</sup>	58,0 <sup>ns</sup>
Lisa	55,4 <sup>ns</sup>	57,3 <sup>ns</sup>	80,6 <sup>ns</sup>	76,5 <sup>ns</sup>
Mimosa roxa	50,4 <sup>ns</sup>	55,2 <sup>ns</sup>	60,4 <sup>ns</sup>	59,0 <sup>ns</sup>
Crespa	50,2 <sup>b</sup>	65,2 <sup>a</sup>	43,9 <sup>b</sup>	57,0 <sup>a</sup>
Mimosa verde	52,7 <sup>ns</sup>	61,5 <sup>ns</sup>	110,5 <sup>a</sup>	85,2 <sup>b</sup>
Média	52,3 <sup>b</sup>	58,3 <sup>a</sup>	56,3 <sup>ns</sup>	60,7 <sup>ns</sup>

Teste t  $p < 0,05$  entre parte aérea e raiz; Letras minúsculas indicam diferença entre parte aérea e raiz das mesmas plantas; <sup>ns</sup> não significativo pelo Teste t  $p < 0,05$ ; Teores de Pb e Zn obtidos pelo método USEPA 3050b.

O teor médio de Pb na parte aérea das amostras coletadas nas áreas de cultivo orgânico não certificado foi de 3,9 mg kg<sup>-1</sup> e na raiz, de 3,2 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Pb na parte aérea foi de 4,5 mg kg<sup>-1</sup> e na raiz, de 4,2 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Entre os tipos e alface avaliados, a alface do tipo mimosa verde da área de cultivo organomineral apresentaram teor maior ( $p < 0,05$ ) de Pb na parte aérea do que na raiz. O teor médio de Zn na parte aérea das amostras coletadas nas áreas de cultivo orgânico não certificado foi de 52,3 mg kg<sup>-1</sup> e na raiz, de 58,3 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Nas áreas de cultivo organomineral, o teor médio de Zn na parte aérea foi de 56,3 mg kg<sup>-1</sup> e na raiz, de 60,7 mg kg<sup>-1</sup> de massa seca. Apenas a alface do tipo crespa apresentou teor maior ( $p < 0,05$ ) de Zn na raiz do que na parte aérea em ambos os sistemas de cultivo. E a alface do tipo mimosa verde da área de cultivo organomineral apresentou teor maior ( $p < 0,05$ ) de Zn na parte aérea do que na raiz (Tabela 15).

Os resultados observados para Mn e Pb contrariam as hipótese de Guilherme e Marchi (2007), que afirmam que estes elementos tendem a se

acumular mais na raiz do que na parte aérea. O Cr, o Cu e o Pb apresentam baixíssima absorção pelas plantas, tendendo a se concentrar na raiz, e o Cd e o Zn têm maior taxa de translocação nas plantas, acumulando-se na parte aérea (Guilherme e Marchi, 2007).

### **5.5 Considerações finais**

Neste trabalho, verificou-se que das 14 amostras de adubos orgânicos analisadas, três apresentaram teor de Cr total acima do limite máximo estabelecido pelo MAPA. A aplicação desses adubos pode resultar na acumulação deste elemento no solo e nas plantas.

Nas amostras dos solos avaliadas foi verificado variação nos teores de ETs nas áreas cultivadas e de referência. O Estado do Rio Grande do Sul não possui valores de referência de qualidade do solo (VRQ) para os teores de ETs, não sendo possível estabelecer se os teores de ETs observados nos solos das áreas de produção agrícola estão ou não acima do nível considerado seguro.

Além disso, verificou-se que das 16 propriedades avaliadas, em cinco delas o teor de Pb nas amostras de alface estava acima do limite máximo para o consumo humano. O Pb acumula-se no organismo humano, podendo permanecer por mais de 20 anos e pode de ser cancerígeno.

O suporte técnico dado pela Extensão Rural junto ao produtor, como a correta recomendação de adubação, pode reduzir o risco de acúmulo de ETs no solo e nas plantas.

Trabalhos como este têm relevância, pois auxiliam no monitoramento dos teores destes elementos no solo, nas plantas e no impacto ambiental exercido por ele e conseqüentemente na saúde humana e animal.

## 6. CONCLUSÕES

A maioria das amostras de fertilizantes orgânicos não apresentou teor de ETs acima do limite máximo estabelecido para utilização na produção agrícola. Entretanto, três amostras oriundas das áreas de cultivo organomineral (OM5, OM8a e OM8b) apresentaram teor de Cr acima do limite máximo de  $200 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Os teores de Cd, Cr e Pb em nenhuma das áreas de produção olerícola estiveram acima dos limites de prevenção estabelecido pelo CONAMA.

A maioria das amostras de alface não apresentou teor de Pb acima do limite máximo de  $7,1 \text{ mg kg}^{-1}$  de massa seca, considerado seguro para o consumo humano. Porém, foi verificado cinco amostras de alface com o teor de Pb acima do limite, duas em áreas de cultivo organomineral (OM4 e OM5) e três em áreas de cultivo orgânico (AO6, AO7 e AO8).

Não foi verificado teor de Cd acima do limite máximo considerado seguro para o consumo humano em nenhuma amostra de alface. Entretanto, o teor de Cd na parte aérea das plantas oriundas do cultivo organomineral foi maior do que as do cultivo orgânico.

A alface do tipo mimosa verde apresentou teor médio de ETs maior que os demais tipos em ambos os sistemas de cultivo.

## 7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Consulta Pública nº 55, de 18 de novembro de 2011. Dispõe sobre: "Os limites máximos toleráveis de cromo e cobre em alimentos e bebidas e dá outras providências". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 set. 2011. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/9c68b7804930f403b56bb714d16287af/CP+N%C2%BA+55+GICRA.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 12 mar. 2013

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Portaria nº685, de 27 de agosto de 1998. Aprova o Regulamento Técnico: "Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: "Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 ago. 1998. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/8c494f804745801a8c00dc3fbc4c6735/PORTARIA+N+%C2%BA+685,+DE+27+DE+AGOSTO+DE+1998.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 18 ago. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. "Estabelece os Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: "Limites máximos para contaminantes inorgânicos". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 de mar. 1965. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/414d248047458a7d93f3d73fbc4c6735/DECRETO+N%C2%BA+55.871,+DE+26+DE+MAR%C3%87O+DE+1965.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 24 nov. 2012.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2005. 24 p. (Boletim técnico, 6).

ALL-CHARANI, N. et al. Measurement of levels of heavy metal contamination in vegetables grown and sold in selected areas in Lebanon. Tripoli, Lebanon. **Jordan Journal of Chemistry**, Irbid, v. 4, n. 3, p. 303-315, 2009. Disponível em: <<http://jjc.yu.edu.jo/Issues/Vol4No3PDF/08JJC4-6-009%20manuscript%20revie%20wed.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2013.

ANDRIOLO, J. L. et al. Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 35-40, 2003.

AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O. A. Crescimento e acúmulo de cromo em alface cultivada em dois latossolos tratados com  $\text{CrCl}_3$  e resíduos de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 24, p. 225-235, 2000. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v24n1a25.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2013.

ASSIS, F. de. **ASSISTAT – assistência estatística**. Campina Grande: Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2011.

AVILA, V. S. et al. **Valor agrônomo da cama de frango após reutilização por vários lotes consecutivos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado técnico, 46).

BARRAL, M. T.; PARADELO, R. Trace elements in compost regulation: the case on Spain. **Waste Management**, Madison, v. 31, p. 407-410, 2011.

BIASSUSI, M. **Dados de campo não oficiais (informação pessoal)**. Porto Alegre: EMATER/RS ASCAR, 2011.

BIELICKA, A. et al. Two faces of chromium – pollutant and bioelement. **Polish Journal of Environmental Studies**, Olsztyn, v. 14, n. 1, p. 5–10, 2005.

BISSANI, C.A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: UFRGS. Departamento de Solos, 2004. 325 p.

BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Disponibilidade de cobre e zinco em solos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 647-658, 2009.

BRASIL. Decreto Nº 4.954, de 14 de Janeiro de 2004. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 jan. 2004. Seção 1, p. 21.

BRASIL. Instrução Normativa nº 24, de 20 de junho de 2007. Reconhece os métodos constantes do anexo desta Instrução Normativa, conforme o art. 71 do anexo do Decreto nº 4954, de 14 de janeiro de 2004. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 21, jun. 2007. Seção 1, p. 23.

BRASIL. Instrução Normativa nº 27, de 5 jun. 2006. Dispõe fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender os limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas,

metais pesados, pragas e ervas daninhas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jun. 2006. Seção 1, p. 15.

BRASIL. Instrução Normativa Interministerial nº 28, de 08 jun. 2011. Dispõe as normas a serem seguidas por toda pessoa física ou jurídica responsável por unidades de produção em conversão ou por sistemas orgânicos de produção e seu Anexo V: "Relação de valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não-orgânicos". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 29 ago. 2011a. Seção 1.

BRASIL. Instrução Normativa nº 46, de 06 out. 2011. Aprova o Regulamento Técnico: "Sistemas orgânicos de produção animal e vegetal" e seu Anexo VII: "Valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não orgânicos". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 07 out. 2011b. Seção 1, p. 4-11. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Organicos/Produtos%20Fitossanit%C3%A1rios/Home/IN\\_46\\_Prod\\_Animal\\_e\\_Vegetal\\_Organica-revoga\\_IN\\_64.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Organicos/Produtos%20Fitossanit%C3%A1rios/Home/IN_46_Prod_Animal_e_Vegetal_Organica-revoga_IN_64.pdf)>. Acesso em: 12 mar. 2013.

BRASIL. Lei n. 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Seção 1, p. 8. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2003/10.831.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/10.831.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2013.

BRÜMMER, G. et al. Heavy metal species, mobility and availability in soils. **Zeitschrift fuer Pflanzenernaehr und Bodenkd**, Weinheim, v. 149, p. 382–398, 1986.

CASTILHOS, D. D. et al. Acúmulo de cromo e seus efeitos na fixação biológica de nitrogênio e absorção de nutrientes em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 121-124, 2001. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v7n2/artigo09.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2013.

CERVANTES, C. et al. Interactions of chromium with microorganisms and plants. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 25, p. 335–247, 2001.

COMETTI, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica – Sistema NFT**. 2003. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Instituto de Agronomia, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Sol, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003.



COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS-CQFS, 2004. 400 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 249, p. 81-84, 30 dez. 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 24 mar. 2013.

COSTA, C. A. et al. Teor de metais pesados e produção de alface adubada com composto de lixo urbano. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 10-16, 2001.

COSTA, C. N. **Biodisponibilidade de metais em solos do Rio Grande do Sul**. 2005. 126 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

COSTA, C. N. et al. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 213-277.

COSTA, E.; LEAL, P. A. M. Produção de alface hidropônica em três ambientes de cultivo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 358-369, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000300003>>. Acesso em: 21 mar. 2013.

COSTA, M.S.S.M. et al. Avaliação do uso do preparado biodinâmico 500 na produção de mudas de alface e repolho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n. 3, p.49-56, 2009.

DINARDI, A. L. et al. Fitorremediação. In: FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁBEIS, 3., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNICAMP, 2003. 14 p.

DORNELES, E. P. **Atributos químicos de argissolo e exportação de nutrientes por culturas sob sistemas de preparo e de adubação**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009a. 627 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009b. 397 p.

FAO/WHO - Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. **Codex standart 193-1995 - general standard for contaminants and toxins in food and feed**. Disponível em: <[http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS\\_193.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193.pdf)>. Acesso em: 09 nov. 2012.

FARIDULLAH et al. Characterization of trace elements in chicken and duck litter ash. **Waste Management**, Madison, v. 29, p. 265-271, 2009.

FEIDEN, A. et al. Processo de conversão de sistemas de produção convencionais para sistemas de produção orgânicos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 179-204, 2002.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. 89 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERNANDES, R. B. A. et al. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 81-93, 2007.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. Rio de Janeiro: Atheneu, 1987. 227p.

GONÇALVES, V. C. **Cádmio, chumbo e níquel**: teores em fertilizantes fosfatados e fracionamento e sorção em solos do Rio Grande do Sul. 2009. 147 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

GUILHERME, L. R. G.; MARCHI, G. **Metais em fertilizantes inorgânicos**: avaliação de risco à saúde após a aplicação. Associação Nacional para Difusão de Adubos. São Paulo: Anda, 2007. Disponível em <[http://www.anda.org.br/multimidia/metais\\_em\\_fertilizantes\\_inorganicos.pdf](http://www.anda.org.br/multimidia/metais_em_fertilizantes_inorganicos.pdf)>. Acesso em 27 jan. 2013.

HASAN, S. A. et al. Cadmium: toxicity and tolerance in plants. **Journal of Environmental Biology**, Muzaffarnagar, v. 30, n. 2, p. 165-174, 2009. Disponível em: <[http://jeb.co.in/journal\\_issues/200903\\_mar09/paper\\_01.pdf](http://jeb.co.in/journal_issues/200903_mar09/paper_01.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2013.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. **Tipos de alface cultivadas no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 7 p. (Comunicado técnico, 75),. Disponível em: <[http://www.cnpq.br/paginas/serie\\_documentos/publicacoes2009/cot\\_75.pdf](http://www.cnpq.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2009/cot_75.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2013.

HOODA, P. S. **Trace elements in soils**. Londres: Willey, 2010. 618 p.

JORDÃO, C. P. et al. Reduction of heavy metal contents in liquid effluents by vermicompost and the use of the metal-enriched vermicompost in lettuce cultivation. **Bioresource Technology**, Barking, v. 98, p. 2800-2813, 2007.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3rd ed. London, UK: John Wiley & Sons Ltd, 2001. 331 p.

KABATA-PENDIAS, A.; MUKHERJEE, A. B. **Trace elements from soil to human**. New York: Springer, 2007. 550 p.

KASHEM, M. A.; WARMAN, P. R. Effect of application of chromium feedstock compost on the growth and bioavailability of some trace elements in lettuce. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 40, p. 2426-2439, 2009.

KELLY, S. D.; BETEMAN, A. S. Comparison of mineral concentrations in commercially grown organic and conventional crops – Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and lettuces (*Lactuca sativa*). **Food Chemistry**, Washington, v. 119, p. 738-745, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.022>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

KHAI, N. M. et al. Effects of biosolids application on soil chemical properties in peri-urban agricultural systems. **VNU Journal of Science, Earth Sciences**, Hanoi, v. 24, p. 202-212, 2008. Disponível em: <[http://tapchi.vnu.edu.vn/e\\_4\\_08/b5.pdf](http://tapchi.vnu.edu.vn/e_4_08/b5.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2013.

KIRKBY, E. A.; RÖMHELD, V. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Geórgia: International Plant Nutrition Institute 2007. 24 p. (Encarte, 118). Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/\\$FILE/Encarte-118.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/$FILE/Encarte-118.pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2013.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia, Série Ciências Exatas**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 171-182, 2001.

LOSEKANN, M. E. **Caracterização, classificação e indicadores de qualidade do solo em localidades de agricultura familiar do Estado do Rio Grande do Sul**. 2009. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LU, A. et al. Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and origin of heavy metals in the agricultural soils in Shunyi, Beijing, China. **Science of the Total Environment**, Newark, n. 425, p. 66–74, 2012.

LUO, L. et al. Na inventory of trace element inputs to agricultural soils in China. **Journal of Environmental Management**, London, v. 90, p. 2524-2530, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.011>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

MACEDO, F. G. et al. Acúmulo e disponibilidade de cromo, cádmio e chumbo em solos tratados com lodo de esgoto por onze anos consecutivos. **Semina: Ciência Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 101-114, 2012.

MACHADO, S. S. et al. Concentração de chumbo em alface cultivada com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 63-70, 2008.

MALAVOLTA, M. et al. Estudo comparativo da produção e composição mineral da alface cultivada em cinco sistemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Anais...** Brasília, DF: Horticultura Brasileira, 2003. 4 p. 1 CD-ROM.

MARCHI, G. et al. **Elementos-traço e sua relação com qualidade e inocuidade de fertilizantes, corretivos agrícolas e resíduos orgânicos no Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009. 45 p.

MATOS, W. O. et al. Especificação redox de cromo em solo acidentalmente contaminado com solução sulfocrômica. Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 6, p. 1450-1454, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n6/a32v31n6.pdf>>. Acesso em: 01 de jan. 2013.

McBRIDE, B. M. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 466 p.

McLEAN, J. E.; BLEDSOE, B. E. **Behavior of metals in soils**. Washington: USEPA, 1992. 25 p. (Ground water issue, EPA/540/S-92/018).

MELERO, S. et al. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, n. 90, p. 162-170, 2006.

MELLO, J. C. Efeito de cultivo orgânico e convencional sobre a vida-de-prateleira de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada. **Revista Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 418-426, 2003.

MENDES, A. M. S. et al. Acúmulo de metais pesados e alterações químicas em Cambissolo cultivado com meloeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 791–796, 2010.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000800001>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Sistema de agrotóxicos fitossanitários (Agrofit)**. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 21 mar. 2013.

MOREIRA F. R.; MOREIRA J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública / Pan American Journal of Public Health**, Washington, v. 15, n.2, p. 119–29, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/rpsp/v15n2/20821.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

MORESCHI, J. C. **Produtos preservantes de madeira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná (UFPR). Departamento de Engenharia e Tecnologias Rurais da UFPR. 30 p. Material didático. Disponível em: <<http://engmadeira.yolasite.com/resources/Preservantesdemadeira.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

MOTTA, A. C. V. et al. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**. Curitiba: Edição do autor, 2007. 246 p.

NACHTIGALL, G. R. et al. Formas de cobre em solos de vinhedos em função do pH e da adição de cama-de-frango. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 427-434, 2007.

NÚÑEZ, J. E. V. et al. Sistemas de preparo de solo e acúmulo de metais pesados no solo e na cultura do pimentão (*Capsicum Annum* L.) **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 113-119, 2006.

PANDA, S. K.; CHOONDHURY, S. Chromium stress in plants. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 1, p. 95-102, 2005. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v7n2/artigo09.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

PEREIRA, B. F. F. et al. Cadmium availability and accumulation by lettuce and rice. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 645-654, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200033>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

PIERANGELI, M. A. P. et al. Comportamento sortivo, individual e competitivo, de metais pesados em latossolos com mineralogia contrastante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 819-826, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n4/a22v31n4.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

PRA, M. A. D. et al. Uso de cal virgem para o controle de *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. em cama de aviário. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 1189-1194, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000028>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

RESENDE, F. V. **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Brasília-DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 16 p.

ROCHA, C. R. A. **Dados de campo não oficiais (informação pessoal)**. Porto Alegre: EMATER/RS ASCAR, 2011.

SAMPAIO, R. A. et al. Caracterização qualitativa e quantitativa de metais pesados em alface adubada com composto de lixo urbano. Campina Grande, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 948-954, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000700018>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SANTOS, I. C. et al. Teores de metais pesados, de potássio e de sódio no substrato após o cultivo de dez cultivares de alface. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 44, n. 251, p. 53-62, 1997. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/CERES/revistas/V44N251P00597.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SANTOS, I. C. et al. Teores de metais pesados, K e Na, no substrato, em função de doses de composto orgânico de lixo urbano e de cultivares de alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 415-421, 1999. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84781999000300006&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84781999000300006&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100 p.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Características químicas de um latossolo sob diferentes sistemas de preparo e adubação orgânica. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 715-721, 2009. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=90811757019>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SCHROEDER, H. A.; BALASSA, J. J. Abnormal trace metals in man: cadmium. **Journal of Chronic Diseases**, St. Louis, v. 14, n. 2, p. 236-258, 1961. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0021-9681\(61\)90156-4](http://dx.doi.org/10.1016/0021-9681(61)90156-4)>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Lead toxicity in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 1, p. 35-52, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjpp/v17n1/a04v17n1.pdf>>. Acesso em 30 jan. 2013.

SILVA, M. L. S. et al. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 527-535, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400011>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Disponibilidade de micronutrientes catiônicos em solo arenoso após adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 328-335, 2010. Disponível em: <[http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria\\_v5i3a639&path%5B%5D=752](http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v5i3a639&path%5B%5D=752)>. Acesso em: 19 mar. 2013.

SMICAL, A. I. et al. Studies on transfer and bioaccumulation of heavy metals from soil into lettuce. **Environmental Engineering and Management Journal**, Viena, v. 7, n. 5, p. 609-615, 2008. Disponível em: <[http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol7/no5/20\\_Smical\\_A.pdf](http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol7/no5/20_Smical_A.pdf)>. Acesso em: 19 mar. 2013.

SOUZA, E. P. et al. Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 2-4, p. 167-173, 2007. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v17n2/artigo01.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2003. 352 p.

SPOSITO, G. et al. Trace metal chemistry in arid zone field soils amended with sewage sludge: fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 46, p. 260-264, 1982.

STANDING COMMITTEE ON THE SCIENTIFIC EVALUATION OF DIETARY REFERENCE INTAKES. **Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc**. Washington: The National Academies Press, 2001. 773 p. Disponível em: <[http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=10026&page=216](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10026&page=216)>. Acesso em: 13 mar. 2013.

STAUNTON, S. Direct and indirect effects of organic matter on metal immobilization in soil. **Developments in Soil Science**, Elsevier, v. 28a, p. 79-90, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2481\(02\)80045-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2481(02)80045-9)>. Acesso em: 19 mar. 2013.

STERTZ, S. C. et al. Qualidade nutricional e contaminantes de alface (*Lactuca sativa* L.) convencional, orgânica e hidropônica. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 51-59, 2005. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/academica/article/view/573/3596>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

STRACHAN, S. Trace elements. **Current Anaesthesia e Critical Care**, Elsevier, v. 21, p. 44-48, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cacc.2009.08.004>>. Acesso em: 19 mar. 2013.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F. M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do recôncavo baiano. **Química Nova**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 147-154, 1992. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1992/vol15n2/v15\\_n2\\_%20\(6\).pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1992/vol15n2/v15_n2_%20(6).pdf)>. Acesso em: 19 mar. 2013.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.

TRANI, P. E. et al. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 290-294, 2004.

UPRETY, D. et al. Concentration of trace elements in arable soil after long-term application of organic and inorganic fertilizers. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, New York, v. 85, p. 241–252, 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **USEPA 3050b**: acid digestion of sediments, sludges, and soils. Washington: USEPA, 1996. Disponível em: <[http://www.epa.gov/osw/hazard/test\\_methods/sw846/pdfs/3050b.pdf](http://www.epa.gov/osw/hazard/test_methods/sw846/pdfs/3050b.pdf)>. Acesso em: 07 jan. 2013.

VARALAKSHMI, L. R.; GANESHAMURTHY, A. N. Heavy metal contamination of water bodies, soils and vegetables in per iurban areas of Bangalore city of India. **World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World**, Brisbane, v. 37, p. 1–6, 2010. Disponível em: <<http://www.iuss.org/19th%20WCSS/Symposium/pdf/1614.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2012.

VIOLANTE, A; HUANG, P.M.; BOLLAG, J.M. e GIANFREDA, L. Direct and indirect effects of organic matter on metal immobilization in soil. *Unité Sol & Environnement, France - S Stauton*, **Soil Science**, v.28A, p79-90, 2002.

YING-PING, L. et al. Migration and transfer of chromium in soil-vegetable system and associated health risks in vicinity of ferro-alloy manufacture. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, Changsha, v.21, p. 2520–2527, 2011. ISSN 1003-6326. DOI: 10.1016/S1003-6326(11)61045-5. Disponível em: < <http://www.ysxbcn.com/down/upfile/soft/20111208/28-p2520.pdf> >. Acesso em; 19 mar. 2013.

ZENG, F. et al. The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. **Environmental Pollution**, New York, v.159, p.84-91, 2011. ISSN 1873-6424. DOI: 10.1016/j.envpol.2010.09.019.

ZIEGLER, E.E. et al. Absorption and retention of lead by infants. **Pediatric Research**, New York, v.12, p.29-34, 1978. ISSN 1530-0447.



## **8. APÊNDICES**

**Apêndice 1.** Tempo de cultivo, quantidade de fertilizante orgânico e mineral aplicado e vegetação ocorrente nas áreas de referência das propriedades de produção olerícola

PRODUTOR	TC	Qtd. Fert. Org.	NPK	Vegetação da área de referência	Coleta das amostras
	anos	----- t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> -----	-----		Data
Cultivo Orgânico					
AO1	9	13 <sup>ca</sup>	NA	Campo nativo	20/11/2011
AO2	4	36 <sup>co</sup>	NA	Pomar de citrus	28/10/2011
AO3	20	13 <sup>ca</sup>	NA	Campo nativo	28/10/2011
AO4	9	12 <sup>ca</sup>	NA	Campo nativo	19/11/2011
AO5	15	17 <sup>ca</sup>	NA	Mata	19/11/2011
AO6	22	10 <sup>ca</sup>	NA	Campo nativo	28/10/2011
AO7	1	4 <sup>ca</sup>	NA	Mata	13/11/2011
AO8	20	10 <sup>ca</sup>	NA	Campo nativo	13/11/2011
Cultivo Organomineral					
OM1	11	16 <sup>ca</sup>	100	Mata	28/10/2011
OM2	30	8 <sup>ca</sup>	150	Mata	21/10/2011
OM3	30	16 <sup>ca</sup>	300	Eucalipto	21/10/2011
OM4	20	20 <sup>ca</sup>	220	Mata	21/10/2011
OM5	21	21 <sup>ca</sup>	150	Campo nativo	21/10/2011
OM6	16	15 <sup>ca</sup>	205	Mata	21/10/2011
OM7	4	10 <sup>ca</sup>	750	Campo nativo	12/11/2011
		10 <sup>ca</sup>	1250	Mata	12/11/2011
OM8a	15	21 <sup>ca</sup>	2000	Mata	12/11/2011
OM8b		25 <sup>ca</sup>	2000	Mata	12/11/2011

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; TC: tempo em que está sendo utilizada a área para produção olerícola sob o mesmo sistema de produção; <sup>co</sup> composto orgânico formado a partir da mistura de cama de suínos com restos de poda de árvore, compostado e peneirado; <sup>ca</sup> cama de aves; NA = Não Aplica; NPK = Fertilizante comercial fórmula 5-20-20.

**Apêndice 2.** Valores de “r” e “p” das análises de correlação de Pearson entre os teores de Cr e Mn no solo e nas plantas com os demais atributos químicos do solo, plantas e teor de argila

Correlação	Cultivo			
	Orgânico (n = 8)		Organomineral (n = 7)	
	r	p	r	p
Cromo				
Cr Pr x Cr R	0,91	0,0016	0,55	0,1984
Cr Pr x Cr PA	0,82	0,0127	0,05	0,9188
Cr PA x pH H <sub>2</sub> O	- 0,14	0,7438	0,84	0,0184
Cr PA x pH CaCl <sub>2</sub>	- 0,14	0,7326	0,83	0,0209
Cr Pr x pH H <sub>2</sub> O	- 0,07	0,8618	0,11	0,8086
Cr Pr x pH CaCl <sub>2</sub>	- 0,19	0,6532	0,14	0,7557
Cr Pr x SMP	- 0,75	0,0315	0,03	0,9439
Cr PA x CO	- 0,29	0,2117	0,86	0,0121
Cr Pr x CO	- 0,23	0,5900	0,04	0,9248
Cr PA x Argila	0,68	0,0636	0,41	0,3615
Cr Pr x Argila	0,84	0,0096	0,48	0,2748
Cr PA x Mn PA	- 0,01	0,9884	- 0,82	0,0233
Cr PA x Cu PA	0,82	0,0120	0,16	0,7281
Manganês				
Mn Pr x Mn R	0,72	0,0442	0,50	0,2527
Mn Pr x Mn PA	- 0,07	0,8718	- 0,60	0,1571
Mn PA x Mn <sub>extraível</sub>	- 0,19	0,6590	- 0,20	0,6699
Mn PA x pH H <sub>2</sub> O	- 0,91	0,0016	- 0,93	0,0019
Mn PA x pH CaCl <sub>2</sub>	- 0,87	0,0050	- 0,94	0,0016
Mn PRO x pH H <sub>2</sub> O	0,08	0,8508	0,51	0,2465
Mn Pr x pH CaCl <sub>2</sub>	0,19	0,6531	0,49	0,2623
Mn Pr x SMP	- 0,43	0,2817	0,71	0,0728
Mn PA x CO	- 0,41	0,3145	- 0,83	0,0211
Mn Pr x CO	< 0,01	0,9998	0,26	0,5727
Mn PA x Cu PA	- 0,21	0,6180	- 0,32	0,4887
Mn PA x Zn PA	0,90	0,0024	0,90	0,0053
Mn PA x Cd PA	0,76	0,0274	0,92	0,0028
Cr PA x Mn PA	- 0,01	0,9884	- 0,82	0,0233

Pr = área de produção; R = área de referência; PA = Parte aérea das plantas; Significância do r dada pela distribuição normal; pH CaCl<sub>2</sub> 1:2,5 do solo foram determinados segundo método descrito pela Embrapa (2009); O teor carbono orgânico, pH H<sub>2</sub>O 1:1 e SMP foram determinados segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995); O teor de manganês extraível (Mn<sub>extraível</sub>) foi determinado pelo método Mehlich-1; O teor de argila do solo foi determinado pelo método da pipeta (Embrapa, 1997). Teores de Cd, Cr, Cu, Mn e Zn determinados pelo método USEPA 3050b. Correlação de Pearson (r) determinado utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.6 beta (Assis, 2011).

**Apêndice 3.** Valores de “r” e “p” das análises de correlação de Pearson entre os teores de Cu e Zn no solo e nas plantas com os demais atributos químicos do solo, plantas e teor de argila

Correlação	Cultivo			
	Orgânico (n = 8)		Organomineral (n = 7)	
	r	p	r	p
Cobre				
Cu Pr x Cu R	0,64	0,0899	- 0,38	0,4027
Cu Pr x Cu PA	0,54	0,1671	0,77	0,0434
Cu PA x Cu $HCl_{0,1}$	0,80	0,0177	- 0,50	0,2493
Cu PA x pH $H_2O$	0,20	0,6336	0,48	0,2782
Cu PA x pH $CaCl_2$	0,07	0,8699	0,55	0,2002
Cu Pr x pH $H_2O$	0,60	0,1148	0,84	0,0192
Cu Pr x pH $CaCl_2$	0,53	0,1741	0,84	0,0191
Cu M1 x pH $H_2O$	0,21	0,6147	- 0,92	0,0037
Cu M1 x pH $CaCl_2$	- 0,02	0,9627	- 0,92	0,0031
Cu PA x CO	- 0,26	0,5299	0,54	0,2111
Cu Pr x CO	0,59	0,1237	0,87	0,0100
Cu PA x Argila	0,68	0,0626	- 0,35	0,4405
Cu Pr x Argila	0,21	0,6182	- 0,07	0,8804
Cu PA x Mn PA	- 0,21	0,6180	- 0,32	0,4887
Cu PA x Cd PA	0,05	0,9056	- 0,18	0,6913
Zinco				
Zn Pr x Zn R	- 0,43	0,2842	- 0,03	0,9545
Zn Pr x Zn PA	- 0,43	0,1358	- 0,65	0,1126
Zn PA x Zn $HCl_{0,1}$	- 0,67	0,0689	- 0,24	0,0795
Zn PA x pH $H_2O$	- 0,93	0,0008	- 0,87	0,0114
Zn PA x pH $CaCl_2$	- 0,78	0,0234	- 0,84	0,0187
Zn Pr x pH $H_2O$	0,77	0,0249	0,87	0,0114
Zn Pr x pH $CaCl_2$	0,72	0,0446	0,87	0,0110
Zn M1 x pH $H_2O$	0,84	0,0085	0,33	0,4666
Zn M1 x pH $CaCl_2$	0,77	0,0247	0,36	0,4284
Zn M1 x Ca troc.	0,89	0,0032	- 0,05	0,9201
Zn PA x CO	- 0,20	0,6297	- 0,76	0,0456
Zn Pr x CO	0,75	0,0315	0,72	0,0650
Zn PA x Cu PA	- 0,32	0,4350	- 0,14	0,7572
Zn PA x Cd PA	0,76	0,0295	0,94	0,0016
Zn PA x Mn PA	0,90	0,0024	0,90	0,0053
Zn PA x P troc.	- 0,49	0,2179	- 0,64	0,1176

Pr = área de produção; R = área de referência; PA = Parte aérea das plantas; Significância do r dada pela distribuição normal; CO = Carbono Orgânico determinado pelo método de combustão úmida (Tedesco *et al.*, 1995); pH  $CaCl_2$  1:2,5 do solo foram determinados segundo método descrito pela Embrapa (2009); pH  $H_2O$ , fósforo (P troc) e Ca trocáveis foram determinados segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995); Teores de Cu e Zn extraíveis por  $HCl$  0,1 mol  $L^{-1}$  ( $Cu_{HCl_{0,1}}$ ;  $Zn_{HCl_{0,1}}$ ); O teor de argila do solo foi determinado pelo método da pipeta (Embrapa, 1997); Teores de Cd, Cu, Mn e Zn determinados pelo método USEPA 3050b. Correlação de Pearson (r) determinado utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.6 beta (Assis, 2011).

**Apêndice 4.** Valores de “r” e “p” das análises de correlação de Pearson entre os teores de Pb e Cd no solo e nas plantas com os demais atributos químicos do solo, plantas e teor de argila

Correlação	Cultivo			
	Orgânico (n = 8)		Organomineral (n = 7)	
	r	p	r	p
Chumbo				
Pb Pr x Pb R	0,68	0,0623	0,85	0,0160
Pb Pr x Pb PA	- 0,33	0,4188	0,35	0,4461
Pb PA x pH H <sub>2</sub> O	- 0,44	0,2733	- 0,40	0,3689
Pb PA x pH CaCl <sub>2</sub>	- 0,47	0,2448	- 0,31	0,5030
Pb Pr x pH H <sub>2</sub> O	0,46	0,2549	- 0,34	0,4592
Pb Pr x pH CaCl <sub>2</sub>	0,63	0,0959	- 0,31	0,5020
Pb PA x CO	- 0,21	0,6195	- 0,47	0,2857
Pb Pr x CO	- 0,01	0,9802	- 0,33	0,4702
Pb PA x Argila	0,07	0,8729	- 0,24	0,6007
Pb Pr x Argila	- 0,36	0,3742	- 0,64	0,1221
Pb PA x Zn PA	- 0,26	0,3127	0,38	0,4038
Pb PA x Cd PA	- 0,06	0,8881	0,18	0,7058
Cádmio				
Cd Pr x Cd R	- 0,14	0,7357	< 0,01	-
Cd Pr x Cd PA	- 0,42	0,3052	- 0,27	0,5593
Cd PA x pH H <sub>2</sub> O	- 0,78	0,0215	- 0,84	0,0178
Cd PA x pH CaCl <sub>2</sub>	- 0,80	0,0166	- 0,82	0,0229
Cd PA x SMP	- 0,79	0,0184	- 0,97	0,0002
Cd Pr x pH H <sub>2</sub> O	0,14	0,7360	< 0,01	0,2966
Cd Pr x pH CaCl <sub>2</sub>	0,01	0,9787	< 0,01	0,3749
Cd PA x CO	- 0,35	0,3963	- 0,66	0,1097
Cd Pr x CO	0,01	0,9795	0,55	0,1966
Cd PA x Zn PA	0,76	0,0295	0,94	0,0016

Pr = área de produção; R = área de referência; PA = Parte aérea das plantas; Significância do r dada pela distribuição normal; CO = Carbono Orgânico determinado pelo método de combustão úmida (Tedesco et al., 1995); pH CaCl<sub>2</sub> 1:2,5 do solo foi determinado segundo método descrito pela Embrapa (2009); O pH H<sub>2</sub>O e SMP foram determinados segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995); O teor de argila do solo foi determinado pelo método da pipeta (Embrapa, 1997); Teores de Cd, Pb e Zn determinados pelo método USEPA 3050b.

**Apêndice 5.** Acúmulo e distribuição dos teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn na massa seca da parte aérea e na raiz das amostras de plantas de alface

Produtor	Tipo de alface	Cd		Cr		Cu		Mn		Pb		Zn	
		P.A.	Raiz	P.A.	Raiz	P.A.	Raiz	P.A.	Raiz	P.A.	Raiz	P.A.	Raiz
		--- µg kg <sup>-1</sup> ---		----- mg kg <sup>-1</sup> -----									
Cultivo Orgânico													
AO1	Mimosa Roxa	69,7	53,4	13,9	4,8	13,8	16,0	237,9	79,6	2,7	1,3	64,1	58,4
	Crespa	22,8	36,4	17,9	1,8	9,5	20,9	143,8	92,8	< 1,0	1,3	48,0	73,5
	Mimosa Verde	< 0,4	27,9	21,9	4,8	10,6	12,7	183,2	132,2	1,1	1,1	59,3	65,9
	Americana	< 0,4	10,5	21,9	4,8	9,5	12,7	70,9	86,2	1,6	< 1,0	54,5	53,9
AO2	Crespa	14,7	6,6	7,8	7,8	5,1	16,0	58,5	33,7	1,4	< 1,0	52,0	75,4
	Crespa	< 0,4	22,7	3,8	4,8	2,9	14,4	60,7	32,6	3,4	7,0	49,5	76,1
	Lisa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	6,2	9,5	85,5	21,7	5,3	4,4	75,4	69,3
AO3	Americana	< 0,4	2,0	3,8	1,8	4,0	19,3	42,5	49,0	3,7	14,2	44,5	49,7
	Lisa	< 0,4	< 0,4	13,9	1,8	9,5	20,9	35,9	67,6	5,1	< 1,0	46,7	47,1
	Crespa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	6,2	24,2	35,2	61,1	4,8	< 1,0	49,7	65,9
AO4	Crespa	6,7	< 0,4	7,8	4,8	7,3	11,1	108,1	34,8	< 1,0	1,1	46,5	52,8
	Lisa	< 0,4	< 0,4	1,8	13,9	5,1	11,1	93,5	47,9	4,0	< 1,0	45,2	50,1
	Mimosa verde	< 0,4	< 0,4	3,8	4,8	8,4	11,1	105,2	51,2	1,2	< 1,0	58,3	65,2
	Americana	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	6,2	9,5	51,2	62,1	< 1,0	2,0	39,9	47,1
AO5	Americana	33,7	16,2	9,8	4,8	8,4	19,3	24,9	17,3	2,6	4,8	56,8	46,3
	Mimosa verde	< 0,4	< 0,4	1,8	7,8	7,3	16,0	16,9	33,7	< 1,0	< 1,0	40,7	53,5
	Lisa	< 0,4	< 0,4	1,8	7,8	9,5	12,7	23,5	28,2	2,2	< 1,0	50,5	42,6
	Crespa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	7,3	19,3	27,9	26,0	3,1	1,3	51,0	73,9
	Mimosa roxa	< 0,4	< 0,4	1,8	4,8	4,0	7,8	22,8	12,9	2,3	< 1,0	48,0	39,9

**Apêndice 5. continuação**

AO6	Americana	< 0,4	0,7	1,8	3,2	4,9	22,3	28,6	32,1	7,6	1,7	53,5	55,3
	Crespa	< 0,4	0,8	1,8	15,0	5,1	18,1	22,0	22,6	3,0	6,7	47,0	59,1
	Lisa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	9,5	22,5	41,0	75,3	4,1	5,3	56,8	58,8
	Mimosa roxa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	8,4	19,3	34,4	58,9	1,1	5,1	53,5	52,8
AO7	Crespa	63,9	323	1,8	1,8	5,1	6,2	462,6	241,6	9,6	4,3	72,6	59,5
AO8	Americana	< 0,4	< 0,4	5,8	1,8	6,2	17,6	22,8	24,9	4,4	5,8	56,3	55,0
	Crespa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	4,0	9,5	14,7	16,2	22,3	5,7	35,4	50,9
	Lisa	< 0,4	< 0,4	3,8	1,8	12,7	22,5	49,7	35,9	5,0	5,8	57,8	75,7
Cultivo Organomineral													
OM1	Americana	< 0,4	112,9	1,8	4,8	6,4	12,7	35,9	60,0	4,1	2,2	48,5	76,1
	Lisa	103,1	108,3	1,8	1,8	2,9	4,6	127,1	63,2	< 1,0	5,4	83,6	91,9
	Crespa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	2,9	6,2	28,6	24,9	1,6	4,9	47,7	56,9
	Mimosa roxa	68,6	117,4	1,8	1,8	2,9	14,4	79,6	69,8	1,2	2,6	65,1	89,7
OM4	Mimosa roxa	90,2	139,5	1,8	1,8	5,1	12,7	51,2	40,3	2,7	< 1,0	85,2	67,8
	Mimosa verde	293,1	283,1	1,8	13,9	5,1	16,0	193,4	98,2	7,1	< 1,0	110,5	85,2
	Crespa	5,8	70,1	1,8	1,8	2,9	14,4	58,5	22,8	2,7	5,0	51,7	56,9
	Americana	5,3	3,4	1,8	1,8	4,0	16,0	95,7	47,9	5,0	5,7	86,9	67,8
	Lisa	106,3	115,4	3,8	1,8	6,2	9,5	61,4	35,9	13,9	4,7	77,6	61,0
OM5	Americana	20,8	8,4	5,8	1,8	2,9	19,3	14,7	42,5	14,6	< 1,0	56,3	66,7
	Crespa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	6,2	20,9	21,3	29,3	2,2	5,5	51,5	79,9
OM6	Crespa	2,3	37,0	1,8	16,9	2,9	9,5	33,0	22,8	5,7	< 1,0	43,2	44,8
	Crespa	< 0,4	< 0,4	3,8	1,8	5,1	11,1	40,3	24,9	6,9	5,2	40,4	53,9
OM7	Crespa	< 0,4	< 0,4	5,8	1,8	4,0	6,2	9,6	3,2	< 1,0	5,6	34,2	34,7

**Apêndice 5. continuação**

OM8a	Americana	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	6,2	16,0	13,3	27,1	4,8	4,9	53,8	50,5
	Crespa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	5,1	12,7	16,2	15,1	5,7	5,8	43,0	55,4
	Americana	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	5,1	12,7	26,4	24,9	5,6	5,6	51,7	54,3
	Crespa	< 0,4	0,6	9,8	4,8	6,2	12,7	48,3	38,1	1,1	4,7	47,0	76,9
OM8b	Crespa	< 0,4	< 0,4	1,8	1,8	6,2	16,0	14,7	10,7	4,9	4,9	36,7	53,9
	Americana	< 0,4	< 0,4	3,8	4,8	5,1	11,1	16,9	10,7	5,7	6,1	33,4	32,4
	Mimosa roxa	< 0,4	< 0,4	5,8	1,8	7,3	11,1	11,1	5,3	< 1,0	6,8	41,7	38,4
	Mimosa roxa	21,7	< 0,4	3,8	1,8	7,3	11,1	16,9	4,2	1,2	4,5	49,7	40,3

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P.A. = parte aérea das plantas de alface; Teores de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn determinados pelo método USEPA 3050b; As amostras das plantas de alface coletadas nas áreas de produção olerícola OM2 e OM3 foram perdidas por deterioração.



**Apêndice 6.** Concentrações de Cr, Cu, Mn, Pb e Zn nas amostras de solo

PRODUTOR	Área	----- mg kg <sup>-1</sup> -----				
		Cr	Cu	Mn	Pb	Zn
Cultivo Orgânico						
AO1	P	29,9	23,6	825	16,7	14
	R	39,9	10,5	843	16,8	30
AO2	P	4,8	4,6	190	13,4	27
	R	7,8	3,2	139	15,8	14
AO3	P	3,2	2,9	178	23,7	30
	R	7,2	4,3	153	27,1	17
AO4	P	13,8	26,9	340	15,3	93
	R	7,8	5,4	697	7,5	15
AO5	P	13,8	20,4	83	6,3	51
	R	15,8	4,3	159	9,0	13
AO6	P	6,6	32,3	451	20,2	83
	R	5,8	4,3	11	18,7	6
AO7	P	7,8	5,4	99	6,0	17
	R	0,6	3,2	60	14,6	8
AO8	P	8,1	22,8	188	11,9	55
	R	3,8	4,3	107	6,2	10
Média	P	11,0	17,7	296	14,2	46
	R	11,1	4,9	269	14,5	14
Cultivo Organomineral						
OM1	P	7,8	6,2	203	6,9	53
	R	21,8	7,5	280	9,3	21
OM2	P	5,2	6,4	118	11,1	25
	R	7,8	5,4	188	10,0	18
OM3	P	7,8	9,5	129	15,7	60
	R	68	19,3	678	12,7	49
OM4	P	5,8	2,9	41	11,8	22
	R	3,8	3,2	34	13,5	9
OM5	P	11,8	5,1	204	6,5	85
	R	13,8	6,4	129	9,7	19
OM6	P	3,8	2,9	210	22,3	44
	R	5,2	3,2	185	24,2	15
OM7a	P	5,8	12,7	132	6,3	75
	R	3,8	4,3	67	8,7	26
OM7b	P	13,9	4,0	134	7,5	39
	R	11,8	7,5	113	9,2	16
OM8a	P	5,8	15,5	202	5,2	90
	R	1,2	2,1	49	2,0	4
OM8b	P	7,8	20,4	218	10,8	80
	R	3,8	3,2	81	3,5	6
Média	P	6,5	8,6	159	10,4	57
	R	14,1	6,2	180	10,3	18

AO = áreas de produção olerícola sob cultivo orgânico não certificado; OM = áreas de produção olerícola sob cultivo organomineral; P = Produção; R = Referência; Teste t p<0,05 entre área de produção e referência; <sup>ns</sup> não significativo pelo Teste t p<0,05; Letras minúsculas diferem o teor de elemento-traço entre a área de produção e referência; Teor pseudototal de Cr, Cu, Mn, Pb e Zn determinados conforme método USEPA 3050b.