



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ALFACE EM CULTIVO
CONVENCIONAL E CULTIVO HIDROPÔNICO: ALIMENTO
DE QUALIDADE?**

Camila Regina dos Santos

Toledo – Paraná – Brasil

2018



Estado do Paraná

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - Unioeste
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

**SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ALFACE EM CULTIVO CONVENCIONAL E
CULTIVO HIDROPÔNICO: ALIMENTO DE QUALIDADE?**

Camila Regina dos Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste/*Campus* Toledo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Nyamien Yahaut Sebastien.

FEVEREIRO/2018

Toledo – PR

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

dos Santos, Camila Regina
Sistema de produção de alface em cultivo convencional e cultivo hidropônico: alimento de qualidade? / Camila Regina dos Santos; orientador(a), Nyamien Yahaut Sebastien. 2018. 40 f.

Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2018.

1. alface; 2. metais pesados; 3. cultivo convencional; 4. cultivo hidropônico. . I. Sebastien, Nyamien Yahaut . II. Título.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE TABELAS	2
RESUMO	3
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3 METODOLOGIA	10
3.1 ÁREA DE ESTUDO	10
3.2 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	13
3.3 PARÂMETROS AVALIADOS.....	16
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 TEORES DE METAIS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA DOS CULTIVOS HIDROPÔNICOS	217
4.2 TEORES DE METAIS NO SOLO DOS CULTIVOS CONVENCIONAIS	19
4.3 TEORES DE METAIS EM ALFACE.....	219
4.4 CORRELAÇÃO ENTRE OS TEORES DE METAIS PRESENTES NO SUBSTRATO E NO ALFACE CULTIVADO	26
5 CONCLUSÕES	29
6 REFERÊNCIAS	30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Organograma representando as amostragens realizadas nos cultivos convencionais e hidropônicos.....11
- Figura 2.** Sistema de cultivo das propriedades hidropônicas em que foram realizadas as amostragens.....12
- Figura 3.** Sistema de cultivo das propriedades convencionais em que foram realizadas as amostragens.....13
- Figura 4.** Preparação das folhas de alface para posteriores análises químicas.....14
- Figura 5.** Amostragem e preparação do solo das propriedades convencionais.....15
- Figura 6.** Coleta de solução nutritiva nas propriedades hidropônicas.....15
- Figura 7.** Teores totais de metais pesados (mg.L^{-1}) presentes na solução nutritiva dos cultivos hidropônicos em função das propriedades avaliadas.....17
- Figura 8.** Teores totais de metais pesados (mg.kg^{-1}) presentes no solo dos cultivos convencionais em função das propriedades avaliadas.....19
- Figura 9.** Teores totais de metais pesados (mg.kg^{-1}) presentes nas folhas de alface em função das propriedades e sistemas de cultivo avaliados.....22

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Localização das propriedades para a coleta das amostras e nomenclatura dos pontos de amostragem.....12
- Tabela 2.** Teores totais de metais pesados (mg.L^{-1}) presentes na solução nutritiva do cultivo hidropônico, média de três repetições e desvio padrão.....17
- Tabela 3.** Teores totais de metais pesados (mg.kg^{-1}) presentes no solo dos cultivos convencionais, média de três repetições e desvio padrão.....19
- Tabela 4.** Valores orientadores de prevenção e investigação para os metais Cd, Cu, Cr e Pb no solo em mg.kg^{-1} pela Resolução CONAMA nº 420/2009.....20
- Tabela 5.** Teores totais de metais pesados (mg.kg^{-1}) presentes nas folhas de alface coletadas no município de Toledo, média de três repetições e desvio padrão.....21
- Tabela 6.** Correlação de Pearson entre os teores de metais presentes no substrato (solo e solução nutritiva) e no alface cultivado nos dois sistemas.....26

RESUMO

SANTOS, Camila Regina dos. **Sistema de Produção de alface em cultivo convencional e cultivo hidropônico: Alimento de qualidade?** Toledo. 2018. 40 Folhas. Dissertação (Mestrado). Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Toledo, 20 de março de 2018.

Nos cultivos de alface convencional e hidropônica são utilizados defensivos agrícolas e fertilizantes, que apresentam concentrações de elementos tóxicos em sua composição e podem alterar a qualidade do alimento. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar os teores dos metais pesados Cd, Cr, Cu e Pb em solo, solução nutritiva e folhas de alfaces na região de Toledo – PR. Foram coletadas amostras de alfaces e de seus substratos em cinco propriedades hidropônicas e cinco convencionais, cujas amostras foram submetidas à digestão nítrico-perclórica para determinação dos teores de metais por meio de espectrofotômetro de absorção atômica AAS/6300. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dez tratamentos e três repetições e os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey ao nível de 5% de significância; ainda foi realizada a correlação de Pearson (r) entre as variáveis substrato e folhas de alface. Observou-se que as alfaces estudadas em geral apresentaram maiores concentrações de Cd e Cr no cultivo hidropônico, sendo que dos 5 cultivos hidropônicos, 4 deles mostraram-se significativamente superiores ao cultivo convencional pelo teste de Tukey; para o elemento Cu, também ocorreu diferença significativa entre os cultivos, no entanto houve uma grande variação entre as culturas e para o Pb, observou-se que a maioria das amostras coletadas apresentavam concentrações superiores ao limite tolerável estabelecido pela ANVISA, sendo que o cultivo convencional mostrou-se estatisticamente semelhante entre si; quanto aos cultivos hidropônicos, dois cultivos mostraram-se significativamente superiores aos demais, e estatisticamente diferentes entre si. Quando comparadas as concentrações de metais nas folhas de alface com o substrato, de forma geral, tanto para o cultivo convencional, quanto para o cultivo hidropônico os teores na alface não apresentaram correlação com os teores no substrato, o que indica que a contaminação pode estar ocorrendo através do uso de agrotóxicos e insumos utilizados para o controle de pragas e doenças, além do manejo inadequado. Assim, pode-se dizer que a variação nas concentrações de metais na mesma cultura deve-se ao fato de ser permitido o uso de diferentes agrotóxicos e fertilizantes, os quais possuem composições distintas. Além disso, a data de pulverização previamente à coleta das alfaces pode ter ocasionado algumas variações na composição da hortaliça, bem como o manejo inadequado do alimento.

PALAVRAS-CHAVE: alface; metais pesados; cultivo hidropônico; cultivo convencional.

ABSTRACT

SANTOS, Camila Regina dos. **Lettuce production system in conventional farming and hydroponic farming: Quality nourishment?** Toledo, 2018. 40 pages. Thesis (Master's Degree). Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Toledo, March 20, 2018.

In the conventional and hydroponic cultivation of lettuce, agricultural defensives and fertilizers are used, which presents concentrations of toxic elements in its composition and may alter the aliment's quality. Thus, the present study aims to evaluate the content of the heavy metals Cd, Cr, Cu and Pb in soil, nutritive solution and lettuce leaves in the region of Toledo – PR. Samples of lettuce and its substrates were collected from five hydroponic and five conventional proprieties, which were submitted to nitroperchloric digestion for the determination of metal contents through spectrophotometry of atomic adsorption AAS/6300. The experimental delimitation was entirely randomized, with ten treatments and three repetitions, and the results were submitted to variance analysis and to Turkey's test at 5% significance level; also, the Pearson's correlation (r) was performed between the variables substrate and lettuce leaves. It was observed that the lettuce studied, in general, presented higher contents of Cd and Cr in the hydroponic cultivation - in which 5 of the hydroponic proprieties, 4 of them presented significantly superior than the conventional ones - according to the Turkey's test; for the element Cu, significant difference also occurred between the farming methods, however there was significant variance in the cultivation of each property; and for Pb, it was observed that the majority of the samples collected presented higher concentrations than the tolerable limits established by ANVISA - whereas the conventional method presented itself statistically similar between each property, for the hydroponic method, two properties presented themselves significantly superior to the others, and statistically different between each other. When the metal concentrations in the lettuce leaves was compared with the substrate, in general, for both conventional and hydroponic methods the contents in the lettuce didn't show correlation to the contents in the substrate, which indicate that the contamination may be occurring through the use of agrochemicals and agricultural inputs, used for the control of plagues and diseases, aside from inappropriate management. Thus, it is possible to conclude that the variation in metal concentrations in the same cultivation method is due to the fact that the use of different agrochemicals and fertilizes is allowed, which contain different compositions. Furthermore, the pulverization date previous to sampling of the lettuce may have caused some variations to the composition of the vegetable, as well as inappropriate handling of the aliment.

KEYWORDS: lettuce; heavy metals; hydroponic farming; conventional farming.

SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ALFACE EM CULTIVO CONVENCIONAL E CULTIVO HIDROPÔNICO: ALIMENTO DE QUALIDADE?

1 INTRODUÇÃO

Atualmente todos os meios de comunicação mostram preocupação com os cuidados à saúde, sendo uma das grandes preocupações o alto índice de ocorrência de câncer em crianças, adolescentes e adultos. Uma das possíveis causas é a qualidade do alimento.

As hortaliças são recomendadas para uma alimentação saudável, constituindo alimentos de grande importância na dieta diária devido ao teor de nutrientes necessários ao funcionamento adequado do organismo, como sais minerais, fibras alimentares e vitaminas (BARBOSA et al., 2016).

No Brasil a área cultivada de hortaliças é de aproximadamente 837 mil ha, com volume de produção em torno de 63 milhões de toneladas (CNA, 2016). No Paraná, o cultivo das hortaliças está difundido em todo o estado, com uma área em torno de 115,5 mil ha, produzindo no setor 3,03 milhões de toneladas, movimentando aproximadamente R\$ 4,03 bilhões de reais em 2015 (SEAB, 2016), sendo que a Região Oeste destaca-se por ordem de produção em 3º lugar, ocupando uma área de 8%, com 3.200 produtores. As principais espécies cultivadas são batata, cebola, tomate, repolho, cenoura, couve-flor, pepino, alface, beterraba, pimentão, chuchu e abobrinha (EMATER, 2016).

No município de Toledo no ano de 2015, existiam 48 produtores com uma área destinada a estes cultivares de 87,68 ha, sendo que aproximadamente 25% desta produção é de alface (PREFEITURA TOLEDO, 2015).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta anual, originária de clima temperado, pertence à família Asteraceae (HENZ & SUINAGA, 2009) uma das folhosas mais consumidas, considerada como boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A, além de conter vitaminas B1 e B2, vitaminas C, cálcio e ferro (KROHN et al., 2003; MELO et al., 2004).

A produção de alface é praticada em diferentes sistemas de cultivo, como o orgânico, convencional e hidropônico, os quais apresentam diferentes características na produção, podendo influenciar nas características químicas dessas hortaliças

(SANTANA et al., 2006). Na produção orgânica, são adotadas práticas de rotação e consorciação de cultura, utilização de fertilizantes orgânicos e controle biológico, neste sistema de produção não são utilizados agrotóxicos e fertilizantes químicos (SEDIYAMA et al., 2014).

Na produção de alface, o sistema convencional é o mais importante em termos de área e de produção (HENZ & SUINAGA, 2009). De acordo Arbos et al. (2010) o sistema de produção denominado atualmente de convencional baseia-se na utilização de agrotóxicos, fertilizantes comerciais e controle químico de pragas e doenças.

Os agrotóxicos têm como finalidade alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento (Lei Federal nº 7.802). Os fertilizantes são substâncias aplicadas ao solo, para prover nutrientes essenciais ao crescimento das plantas (GONÇALVES Jr. et al., 2009). E o controle químico é um método utilizado para controlar pragas e doenças, e consiste no uso de produtos químicos como inseticidas, fungicidas, bactericidas e herbicidas (CONSOLI; DE OLIVEIRA, 1994).

No cultivo convencional, há produtores especializados em folhosas e produzem alface de forma contínua na mesma área durante o ano, no entanto a maioria dos produtores dessas culturas são pequenos produtores que possuem apenas alguns canteiros de alface juntamente com outras espécies de hortaliças. Vale ressaltar que o custo da alface em cultivo convencional é relativamente baixo quando comparado com outras hortaliças (HENZ & SUINAGA, 2009).

O sistema hidropônico consiste no cultivo de plantas sem o uso do solo, onde os nutrientes minerais são fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva (BEZERRA NETO & BARRETO, 2012), sendo a solução nutritiva composta por macro e micronutrientes. Os macronutrientes são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e enxofre (S) e os micronutrientes são: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) (FURLANI et al., 1999).

O cultivo hidropônico requer o conhecimento das exigências das culturas quanto à nutrição, fatores climáticos e fitossanitários, além de disponibilidade de recursos financeiros para a construção da infraestrutura e para a aquisição de

equipamentos e insumos. De tal modo é possível cultivar, por hidroponia, qualquer espécie de planta (CARRIJO et al., 2000), no entanto de acordo com Alves et al. (2011) a alface se destaca no cenário nacional dos cultivos hidropônicos, chegando a ser responsável por 80% desse tipo de produção.

Tanto no sistema hidropônico quanto no cultivo convencional, é permitido o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos altamente solúveis, o que pode alterar a composição e qualidade dos alimentos, levando a contaminação ambiental e do consumidor pelo processo de bioacumulação e biomagnificação (STERTZ et al., 2004).

Nas práticas agrícolas são utilizados fertilizantes e pesticidas para manter altos rendimentos e controlar pragas e doenças (SILVA et al., 2016). De acordo com Gonçalves Jr. e Pessoa (2002) os fertilizantes são empregados para suprir a carência de micronutrientes, no entanto na sua composição além dos elementos desejáveis, também, em geral contém metais tóxicos, como cádmio e chumbo.

Metais como cobre (Cu), zinco (Zn), níquel (Ni) e cromo (Cr) são utilizados no metabolismo biológico, considerados benéficos ou tóxicos, variando à concentração em que se encontram no tecido vegetal, enquanto chumbo (Pb) e cádmio (Cd) são altamente tóxicos, mesmo em baixas concentrações (GONÇALVES Jr. et al., 2009).

A acumulação de metais em solos é um aspecto de grande preocupação quanto à segurança ambiental, por esses elementos apresentarem potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas e, conseqüentemente, pela transferência para a cadeia alimentar por meio das próprias plantas, além de causar a contaminação das águas subterrâneas e superficiais (SOARES et al., 2005).

Os metais pesados quando adentram a cadeia alimentar, causam problemas de toxicidade (SCHMIDT et al., 2009), devido à sua capacidade de bioacumulação e biomagnificação na cadeia trófica (WAN NGAH & HANAFIAH, 2008; FAROOQ et al., 2010).

Seja nos sistemas convencionais ou hidropônicos o uso de agrotóxicos e fertilizantes são preocupação quanto à biomagnificação e a bioacumulação. Por isso, é importante a realização da avaliação química da presença de alguns metais e sua necessidade nutricional.

Dos metais avaliados no presente trabalho, o cobre e cromo, são exigidos em baixas concentrações, não ultrapassando a ingestão diária de 0,9 mg para o cobre e de 0,035mg para o cromo (SCIENCES ENGINEERING MEDICINE, 2004), suas altas concentrações tanto no sistema de produção como no produto podem ser decorrentes da bioacumulação ou manejo inadequado. Pela bioacumulação, podem alcançar níveis elevados, de tal modo podendo causar sérios problemas de saúde. A ingestão de níveis elevados de cobre pode causar náuseas, vômitos, diarreia, danos ao fígado e rins (ATSDR, 2016), e a ingestão de cromo pode afetar o sistema imunológico, renal e respiratório (ATSDR, 2011).

O cádmio é classificados como cancerígeno para humano (ATSDR, 2011), sendo que sua presença no organismo pode causar problemas cardiovasculares, de desenvolvimento dos órgãos, gastrointestinais, neurológico, renal e respiratório (ATSDR, 2012), enquanto que o chumbo é classificado como provavelmente cancerígeno para os seres humanos (IARC, 2017), sua presença atinge o sistema nervoso, provoca fraqueza nos dedos, pulsos e tornozelos, pode causar anemia, além de que a exposição a níveis elevados de chumbo pode prejudicar gravemente o cérebro e rins, levando a morte (ATSDR, 2007).

Os metais, na maioria das vezes entram em contato com o organismo humano através dos alimentos e do consumo de água, assim há a necessidade do monitoramento de resíduos de metais em alimentos para auxiliar na avaliação do potencial de riscos destes produtos à saúde (ROESE, 2008).

Nesse sentido é de extrema importância à avaliação da qualidade da *Lactuca sativa* L. quanto à presença e concentrações de metais, tanto nos sistemas de produção hidropônico e convencional quanto nos produtos, determinando seu nível de qualidade para a saúde humana.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os teores de metais pesados (Pb, Cd, Cr e Cu) no sistema de cultivo hidropônico e convencional quanto na alface crespa na região de Toledo – PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar os teores de Pb, Cd, Cr e Cu para o cultivo convencional no solo e na solução nutritiva do cultivo hidropônico;
- Avaliar as concentrações de metais pesados nas folhas de alface do cultivo hidropônico e convencional;
- Comparar os dois sistemas de cultivo, quanto aos teores de metais avaliados na produção e nos produtos;
- Avaliar a qualidade do produto final em relação aos metais;
- Analisar os dados de acordo com as legislações vigentes.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Toledo está situado na Região Oeste do Paraná, localizado no terceiro planalto paranaense, com latitude 24° 42' 49" S e longitude 53° 44' 35" O. De acordo com IBGE (2016) a população da cidade é de aproximadamente 134 mil habitantes e possui área de 1.196,999 Km². O município, além da sede, possui ainda 9 distritos administrativos: Concórdia do Oeste, Dez de Maio, Dois Irmãos, Novo Sarandi, São Luiz do Oeste, São Miguel, Vila Ipiranga, Vila Nova e Novo Sobradinho.

O clima do município segundo a classificação de Köppen, é considerado subtropical, ou seja, apresenta temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura média no mês mais quente acima de 22° C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (IAPAR, 2017).

As atividades econômicas desenvolvidas no município segundo o IBGE (2006) são lavoura temporária, horticultura e floricultura, lavoura permanente, pecuária e criação de outros animais, produção florestal de florestas plantadas, produção florestal de florestas nativas e aquicultura. Sendo que na categoria horticultura e floricultura existem 78 estabelecimentos, ocupando uma área total de 618 ha.

Para a realização do trabalho foram coletadas folhas de alface da variedade crespa no sistema de cultivo hidropônico e no sistema de cultivo convencional no município de Toledo – PR. Foram realizadas as coletas em cinco propriedades de cada sistema de cultivo, totalizando dez propriedades. Do mesmo modo, foram coletadas amostras de solo no sistema convencional e amostras da solução nutritiva no sistema hidropônico (Figura 1).

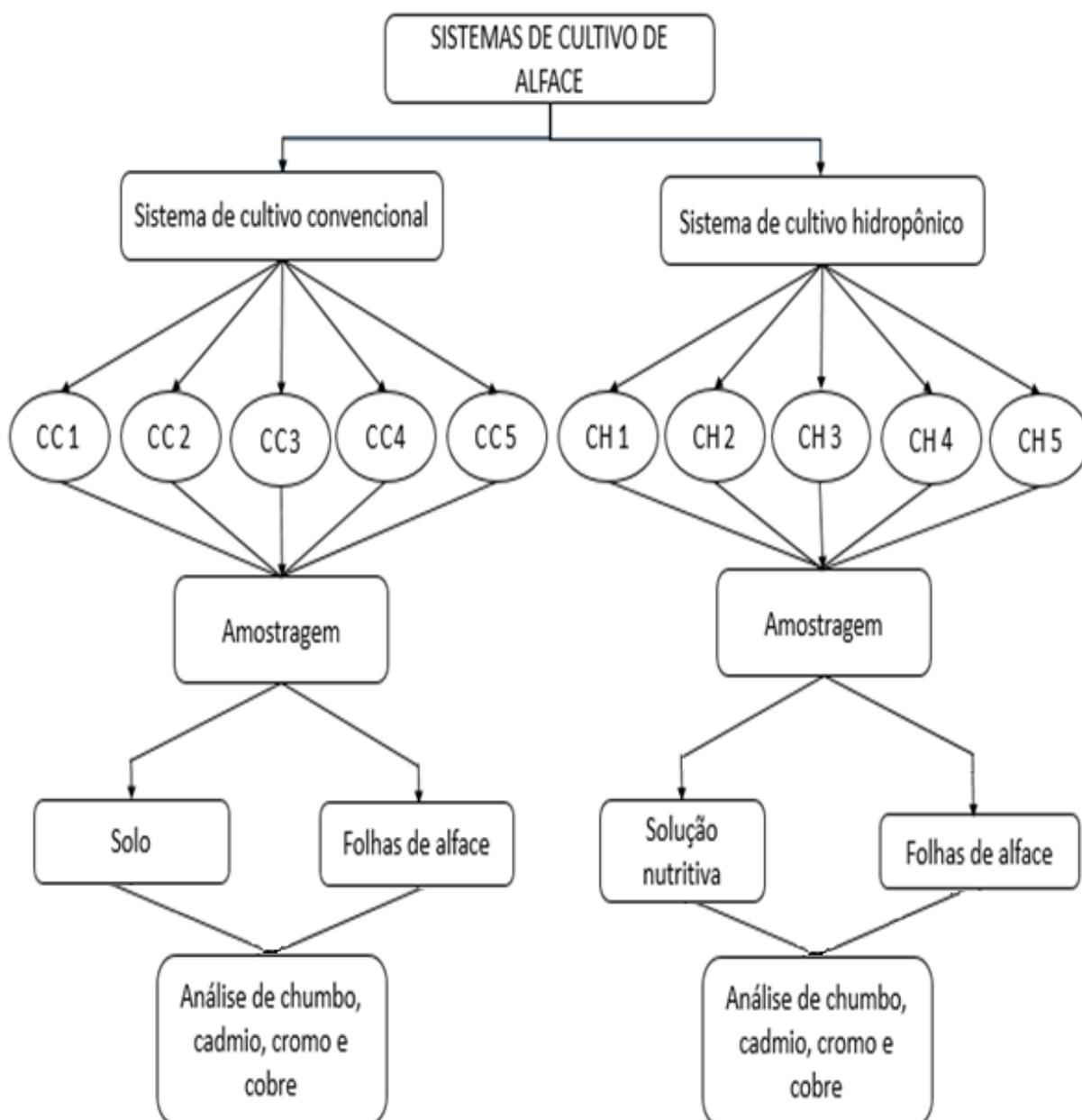


Figura 1. Organograma representando as amostragens realizadas nos cultivos convencionais e hidropônicos

Na Tabela 1 estão descritos os locais de coletas, a nomenclatura dos pontos de amostragem e o sistema de produção das hortaliças, destacando que CH se refere ao cultivo hidropônico e CC diz respeito ao cultivo convencional.

A Figura 2 apresenta as propriedades hidropônicas e a Figura 3 as propriedades convencionais, onde foram realizadas as amostragens.

Tabela 1. Localização das propriedades para a coleta das amostras e nomenclatura dos pontos de amostragem

Nomenclatura	Sistema de produção	Local	Localização geográfica
CH1	Hidropônico	Bom Princípio	24° 46' 3.72" S 53° 38' 35.52" O
CH2	Hidropônico	Boa Vista	24° 39' 54.36" S 53° 41' 13.56" O
CH3	Hidropônico	Xaxim	24° 43' 41.52" S 53° 48' 54.72" O
CH4	Hidropônico	Boa Vista	24° 39' 54" S 53° 41' 17.16" O
CH5	Hidropônico	Linha São Paulo	24° 40' 50.16" S 53° 46' 25.32" O
CC1	Convencional	Jardim Coopagro	24° 42' 52.56" S 53° 46' 16.68" O
CC2	Convencional	Boa Vista	24° 39' 55.44" S 53° 41' 14.28" O
CC3	Convencional	Jardim Tocantins	24° 42' 17.28" S 53° 45' 28.08" O
CC4	Convencional	Jardim Porto Alegre	24° 42' 5.04" S 53° 42' 36" O
CC5	Convencional	Jardim Porto Alegre	24° 41' 50.64" S 53° 42' 39.96" O

Fonte: a autora, 2018.



Figura 2. Sistema de cultivo das propriedades hidropônicas em que foram realizadas as amostragens

Fonte: a autora, 2018.

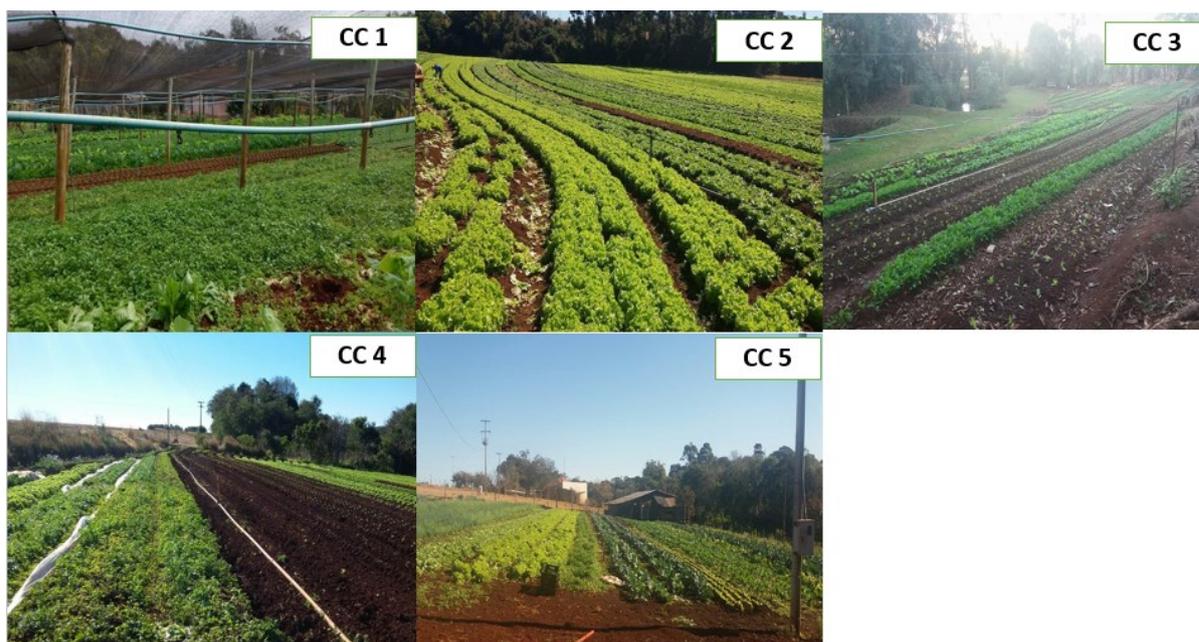


Figura 3. Sistema de cultivo das propriedades convencionais em que foram realizadas as amostragens.

Fonte: a autora, 2018.

3.2 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostragens foram realizadas nos dias 03, 04 e 07 de agosto de 2017, no qual foram coletadas 10 amostras de folhas de alface, sendo destas 5 amostras de cultivo convencional e 5 amostras de cultivo hidropônico; 5 amostras de solução nutritiva do cultivo hidropônico e 5 amostras compostas de solo totalizando 20 amostras.

Para a amostragem das folhas de alface foi adotada a metodologia de Martinez et al. (1999) modificada, no qual foi formada uma amostra composta de 40 folhas, estas recém maduras e em ponto de colheita. Foram coletadas 10 plantas de alfaces por propriedade, que foram acondicionadas em caixa térmica mantidas sob refrigeração. Posteriormente as amostras foram transportadas para o Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (InPAA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), e separadas as folhas maduras (Figura 4A). E foram lavadas sob água corrente e posteriormente com água destilada, para reduzir as impurezas, em seguida foram pesadas e transferidas para secagem em estufa a 60 °C (Figura 4B) até atingir massa constante (Figura 4C). Uma vez secas, as amostras foram moídas por maceração (Figura 4D), posteriormente foi tamisado em peneira com

granulometria média de 2 mm, em seguida o material foi guardado em potes plásticos (Figura 4E).

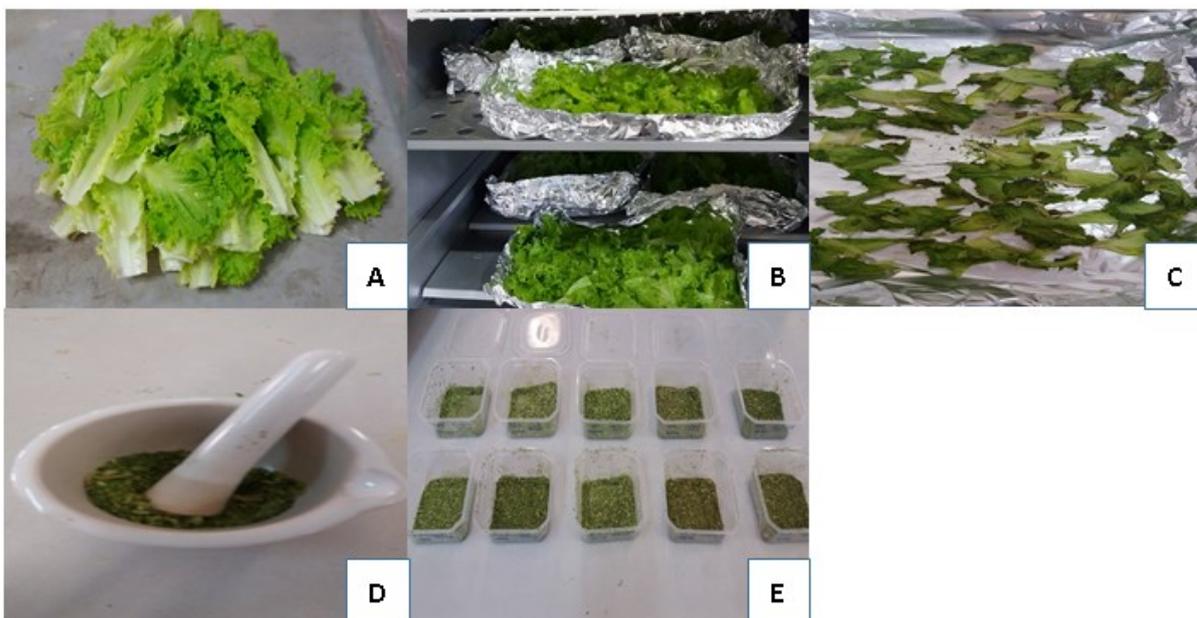


Figura 4. Preparação das folhas de alface para posteriores análises químicas
Nota: (A) 40 folhas de alface madura; (B) folhas de alface na estufa para secagem a 60°C; (C) folhas de alface secas, tendo atingido massa constante; (D) amostra moída por maceração e (E) material tamisado, e armazenado para posterior análise.
Fonte: a autora, 2018.

As amostras de solo foram coletadas com um trado, introduzido até 20 cm de profundidade (EMBRAPA, 2014) (Figura 5A). A partir de 4 amostras simples, o material foi homogeneizado, formando uma amostra composta de aproximadamente 500 g, que foram imediatamente colocadas em sacos de polietileno devidamente identificados e armazenadas em caixas de isopor. Em seguida, o solo foi secado em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 45° C por 96 horas (Figura 5B) posteriormente foi tamisado em peneira de 2 mm de diâmetro para remoção de torrões e impurezas presentes na amostra (Figura 5C) para posterior análise.



Figura 5. Amostragem e preparação do solo das propriedades convencionais
 Nota: (A) Amostragem do solo com auxílio do trado; (B) solo seco, após 96 horas em estufa à temperatura de 45°C e (C) solo sendo tamisado em peneira.
 Fonte: a autora, 2018.

A solução nutritiva do cultivo hidropônico foi obtida por meio do tanque de solução nutritiva (Figura 6A) que foram colocadas em garrafas de polietileno devidamente identificadas, imediatamente as amostras foram armazenadas em caixas térmicas a 4° C (Figura 6B). Posteriormente as amostras foram transportadas para o laboratório de Limnologia Aplicada da UNIOESTE Campus de Toledo, onde foram acondicionadas em geladeira até o momento das determinações. Os procedimentos de coleta e preservação das amostras coletadas seguiram o *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater* (APHA, 2012).

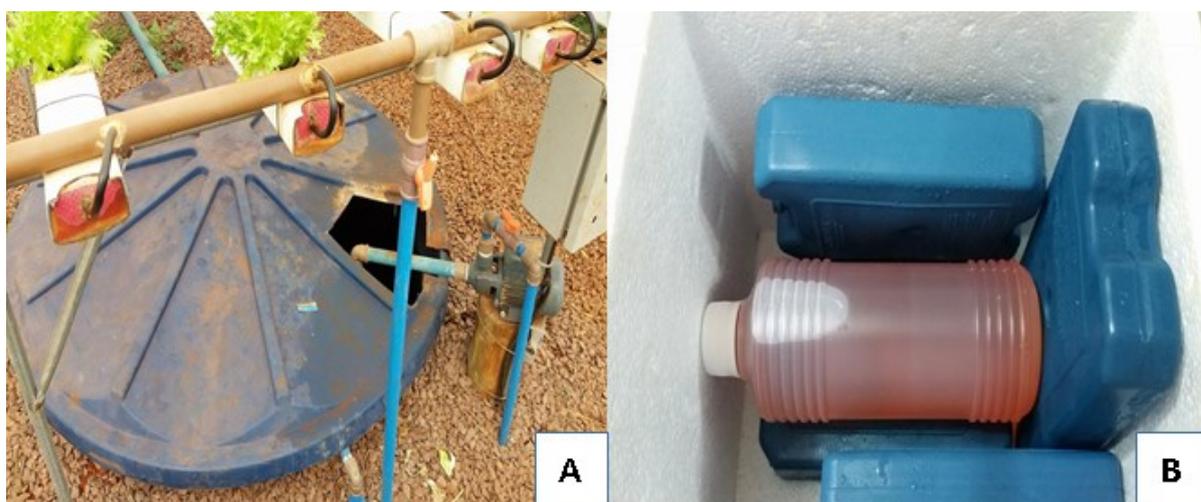


Figura 6. Coleta de solução nutritiva nas propriedades hidropônicas
 Nota: (A) Tanque de solução nutritiva; (B) solução nutritiva armazenada em frascos de polietileno e em caixas térmicas.
 Fonte: a autora, 2018.

3.3 PARÂMETROS AVALIADOS

Foram realizadas análises químicas dos metais chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr) e cobre (Cu), nas amostras de solo, solução nutritiva e nas folhas de alface.

Para as análises químicas dos metais as amostras foram submetidas a digestão nítrico-perclórica, seguindo a metodologia de LANA et al. (2016) no laboratório de Limnologia Aplicada da UNIOESTE campus de Toledo. Posteriormente as amostras foram transportadas para o laboratório de Saneamento Ambiental da UNIOESTE campus de Cascavel, onde foram determinadas as concentrações de chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr) e cobre (Cu), por meio do Espectrofotômetro de Absorção Atômica AAS/6300.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 10 tratamentos, no qual foram estudados 10 cultivos diferentes de alface crespas, sendo 5 cultivos convencionais e 5 cultivos hidropônicos, os quais foram avaliados em triplicatas. Para os resultados obtidos foram utilizadas técnicas da estatística descritiva (tabelas e média), bem como análise de variância (ANOVA) e teste Tukey para comparação de médias.

Quando os resultados da ANOVA mostraram a existência de diferenças significativas entre as médias dos metais, estes foram submetidos ao teste Tukey ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Os dados foram analisados com o software SISVAR (FERREIRA, 2014). Ainda, com o objetivo de correlacionar as variáveis substrato e folhas de alface, foi realizada a correlação de Pearson (r), com auxílio do software Microsoft Office Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As hortaliças folhosas na maioria das vezes apresentam grandes quantidades de metais, devido à absorção desses elementos pelo substrato e pelos elementos tóxicos presentes nos agrotóxicos. De acordo com Maldonade et al. (2010) as hortaliças são os produtos mais críticos em relação ao uso de agrotóxicos, devido à alta relação entre área da superfície e peso, sendo a alface uma das mais pulverizadas.

4.1 TEORES DE METAIS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA DOS CULTIVOS HIDROPÔNICOS

Os teores totais dos metais pesados encontrados na solução nutritiva estão apresentados na Tabela 2 e ilustrados na Figura 7.

Tabela 2. Teores totais de metais pesados (mg.L^{-1}) presentes na solução nutritiva do cultivo hidropônico, média de três repetições e desvio padrão.

Pontos de coleta	Cd	Cu	Cr	Pb
CH1	$0,832 \pm 0,239$	$38,825 \pm 0,670$	$6,377 \pm 0,649$	$28,410 \pm 4,341$
CH2	$32,819 \pm 0,08$	$68,962 \pm 0,409$	$4,085 \pm 1,247$	$20,998 \pm 2,601$
CH3	$2,010 \pm 0,209$	$31,390 \pm 1,090$	$3,070 \pm 0,294$	$21,740 \pm 2,263$
CH4	$1,733 \pm 0,195$	$38,355 \pm 1,471$	$1,560 \pm 1,103$	$27,667 \pm 0,854$
CH5	$27,028 \pm 21,740$	$37,280 \pm 1,672$	$2,717 \pm 0,267$	$17,045 \pm 5,788$

Fonte: a autora, 2018.

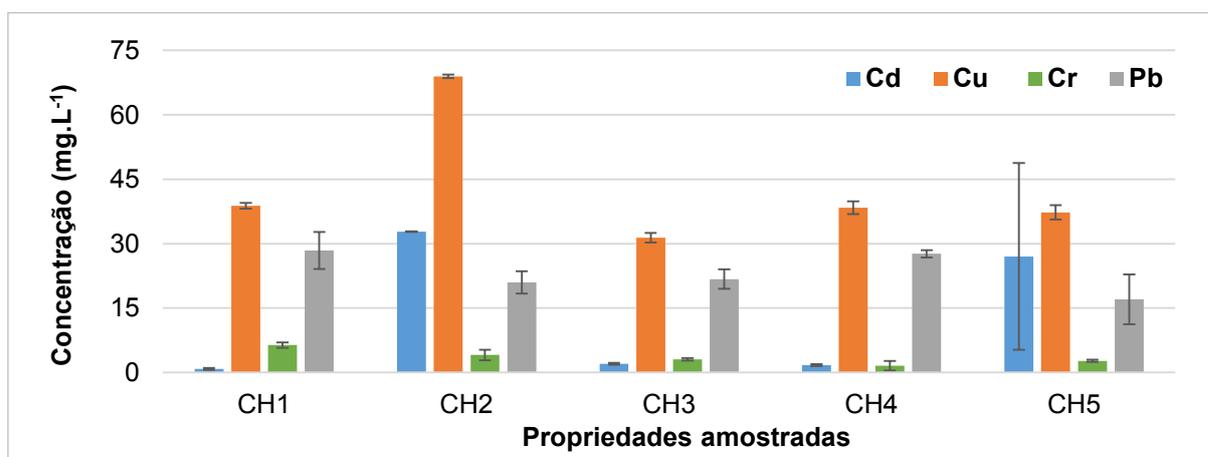


Figura 7. Teores totais de metais pesados (mg.L^{-1}) presentes na solução nutritiva dos cultivos hidropônicos em função das propriedades avaliadas

Fonte: a autora, 2018.

Para o elemento Cd ocorreu uma grande variação em relação às concentrações. De acordo com Schmidt et al. (2001), a solução nutritiva deve ser formulada conforme o requerimento nutricional da espécie que se deseja produzir, ou seja, conter em proporções adequadas, todos os nutrientes essenciais para o seu crescimento, no entanto existem diversas fórmulas que possuem diferentes componentes, que podem explicar a diferença entre os resultados.

O Cu apresentou maior concentração no CH2, enquanto os outros pontos apresentaram concentrações próximas. O cobre é um nutriente exigido em pequenas quantidades pelas culturas (GRANGEIRO et al., 2003). Segundo Furlani (1999) a recomendação de cobre na solução nutritiva para hortaliças folhosas tem sido de 0,02 a 0,05 mg.L⁻¹, de tal modo pode-se perceber que as concentrações encontradas no presente estudo apresentam-se extremamente superiores ao recomendado.

Em relação ao Cr, os valores variaram entre 1,56 a 6,37 mg.L⁻¹, tal elemento não é essencial para as plantas, no entanto é indicado em baixas concentrações para os animais e seres humanos, sendo as principais vias de penetração dos compostos de cromo são a respiração e a alimentação (INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

Para o elemento Pb, os teores variaram entre 17,04 a 28,41 mg.L⁻¹, segundo Gonçalves Jr. e Pessoa (2002) este elemento é prejudicial às plantas. Tanto o Pb como o Cr, estão presentes na solução nutritiva, devido aos fertilizantes utilizados para suprir micronutrientes, que possuem, além dos elementos essenciais, metais pesados tóxicos.

Ainda de acordo com Monteiro (2005) algumas indústrias de fertilizantes, com o objetivo de diminuir os custos de produção, utilizam resíduos industriais como fonte de elementos considerados essenciais às plantas, no entanto, muitas dessas atividades estão sendo desenvolvidas com resíduos industriais perigosos originários de outros países.

Ainda não existe legislação referente aos limites aceitáveis ou permitidos de metais pesados em solução nutritiva, em vista disso e considerando que a hortaliça tem a tendência a acumular metais pesados, sugerem-se mais estudos e a criação de uma lei com limites máximos de metais em solução nutritiva, a fim de evitar a contaminação dos alimentos pelo substrato nos cultivos hidropônicos.

4.2 TEORES DE METAIS NO SOLO DOS CULTIVOS CONVENCIONAIS

Os teores totais dos metais pesados indicam variabilidade de concentração desses elementos nos solos estudados (Tabela 3, Figura 8). As concentrações se estenderam na faixa entre 5,32 a 53,59 mg.kg⁻¹ para Cd, 13,65 a 43,10 mg.kg⁻¹ para Cu, 0,47 a 7,79 mg.kg⁻¹ para o Cr e 48,17 a 93,87 mg.kg⁻¹ para o Pb.

Tabela 3. Teores totais de metais pesados (mg.kg⁻¹) presentes no solo dos cultivos convencionais, média de três repetições e desvio padrão.

Pontos de coleta	Cd	Cu	Cr	Pb
CC1	5,325 ± 1,425	15,892 ± 3,384	1,067 ± 1,847	85,225 ± 13,364
CC2	53,595 ± 3,618	43,108 ± 1,356	2,600 ± 4,503	48,175 ± 18,525
CC3	6,108 ± 1,163	13,658 ± 2,541	0,475 ± 0,822	93,875 ± 11,317
CC4	6,283 ± 1,328	19,250 ± 1,948	4,492 ± 5,029	72,883 ± 25,223
CC5	9,100 ± 1,132	20,825 ± 1,785	7,792 ± 6,491	84,000 ± 36,560

Fonte: a autora, 2018.

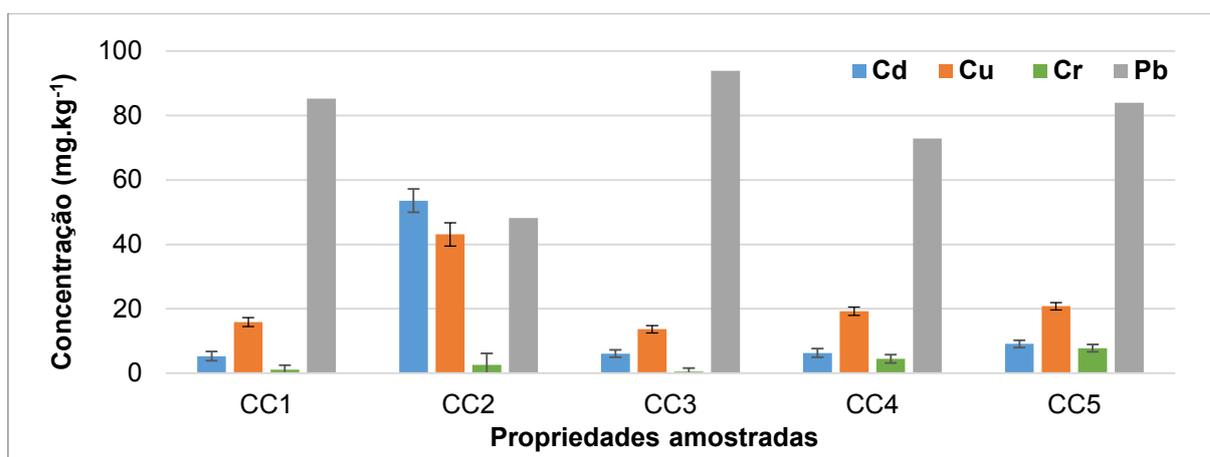


Figura 8. Teores totais de metais pesados (mg.kg⁻¹) presentes no solo dos cultivos convencionais em função das propriedades avaliadas

Fonte: a autora, 2018.

Acerca dos limites aceitáveis de metais pesados em solos agrícolas utiliza-se, para fins de comparação, os valores orientados de prevenção e intervenção (Tabela 4) estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 420/2009. Sendo que o valor de prevenção indica uma possível alteração prejudicial à qualidade dos solos, utilizado em caráter preventivo e, quando excedido no solo, deverá ser exigido o monitoramento dos impactos decorrentes; já o valor de intervenção indica o limite de contaminação acima do qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana e, quando excedido, a área será

classificada como contaminada sob investigação, indicando a necessidade de ações de intervenção.

Tabela 4. Valores orientadores de prevenção e investigação para os metais Cd, Cu, Cr e Pb no solo em mg.kg^{-1} pela Resolução CONAMA nº 420/2009

Elementos	Valor de prevenção (mg.kg^{-1})	Valor de intervenção (mg.kg^{-1})
		Agrícola
Cd	1,3	3
Cu	60	200
Cr	75	150
Pb	72	180

Fonte: BRASIL, 2009.

Comparando os resultados obtidos para o elemento cádmio, todos os solos estudados apresentaram valores superiores ao permitido pela legislação vigente, sendo que o CC2 mostrou-se extremamente acima do valor de intervenção máximo, sendo 17,86 vezes maior do que o permitido, seguido do CC5 que se apresentou 3,03 vezes superior.

Santos et al. (2002), encontraram valores de $2,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ em solos de cultivo de tomate, valores inferiores aos encontrados no presente estudo, porém também ultrapassaram os valores da legislação. Segundo Campos et al. (2005) a maior fonte de contaminação com Cd em solos agrícolas, são causadas pelos fertilizantes, no entanto ainda a alteração do teor natural de metais pesados nos solos pelas pulverizações com agroquímicos, irrigação com águas provenientes de rios que recebem grande carga poluidora e uso de dejetos animais.

Para o Pb somente o CC2 está dentro do limite de prevenção, enquanto os demais cultivos apresentam valores superiores. No entanto, mostram-se abaixo do limite de investigação, sendo as concentrações mais altas, respectivamente, das propriedades CC3, CC1, CC4 e CC5.

Para Ramalho et al. (2000), as elevadas concentrações de Pb presentes no solo devem-se ao uso de adubos minerais e orgânicos, bem como de corretivos e defensivos agrícolas, pois estes, contém tais elementos em sua estrutura. Além disso, muitas vezes são utilizados de forma indiscriminada, causando aumento da concentração de metais no solo e, conseqüentemente, sua incorporação na cadeia alimentar.

Em relação ao cobre e ao cromo, todos os solos estudados, apresentaram concentrações abaixo dos valores de prevenção da legislação vigente.

Para o elemento cobre os valores variaram entre 13,65 a 43,10 mg.kg⁻¹. Em estudos realizados, López (2015) foram encontrados valores médios de 75,86 mg.kg⁻¹ sendo o teor mínimo de 28,75 mg.kg⁻¹ e o máximo de 149,75 mg.kg⁻¹. Santos et al. (2002), encontraram valores de 42,00 mg.kg⁻¹ antes do plantio e 28,10 mg.kg⁻¹ após a colheita.

Os teores de cromo variaram entre 0,475 a 7,792 mg.kg⁻¹. Fernandes et al. (2007) encontraram valores para Cr de 13,47 a 411,65 mg.kg⁻¹, valores superiores aos encontrados no presente estudo.

Segundo Kabata-Pendias e Pendias (2000) os teores entre 75 e 100 mg.kg⁻¹ para Cr já são considerados agressivos, no entanto no presente estudo as concentrações não apresentam ameaça para a cultura.

4.3 TEORES DE METAIS EM ALFACE

As médias dos teores de metais pesados encontrados nas folhas de alface estão apresentados na Tabela 5 e ilustrados na Figura 9. Considerando-se o conjunto de dados, os teores ficaram entre o limite de quantificação (mg.kg⁻¹ matéria seca) e os teores máximos foram 6,633 para o Cd; 43,208 para o Cu; 14,883 para o Cr e 265,558 para o Pb.

Tabela 5. Teores totais de metais pesados (mg.kg⁻¹) presentes nas folhas de alface coletadas no município de Toledo, média de três repetições e desvio padrão.

Pontos de coleta	Cd	Cr	Cu	Pb
CC1	ND	ND	ND	ND
CC2	0,53 ± 0,23 b	4,25 ± 3,74 bc	27,20 ± 2,19 cd	ND
CC3	0,77 ± 0,52 b	ND	28,21 ± 2,92 bc	38,92 ± 0,53 c
CC4	0,08 ± 0,14 b	ND	34,93 ± 2,01 b	25,19 ± 10,29 c
CC5	ND	ND	26,08 ± 2,24 cd	25,94 ± 3,71 c
CH1	ND	14,88 ± 1,53 a	29,77 ± 3,50 bc	29,65 ± 0,20 c
CH2	6,63 ± 0,91 a	10,63 ± 4,35 ab	21,27 ± 1,55 d	28,41 ± 2,13 c
CH3	5,94 ± 1,14 a	5,43 ± 6,58 abc	8,61 ± 1,14 e	6,17 ± 10,69 c
CH4	4,64 ± 0,32 a	3,77 ± 4,81 bc	43,20 ± 0,32 a	103,75 ± 25,67 b
CH5	4,98 ± 1,82 a	6,58 ± 2,50 abc	9,50 ± 1,82 e	265,55 ± 37,11 a
Limites ANVISA (RDC nº 42) (mg.kg ⁻¹)	0,200	-	-	0,300

Nota: ND indica valores não detectados; médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: a autora, 2018.

Para o elemento Cd a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, RDC Nº 42) dispõe o limite máximo de $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$ para hortaliças de folhas, de tal modo nos cultivos convencionais somente o CC2 ($0,53 \text{ mg.kg}^{-1}$) e o CC3 ($0,77 \text{ mg.kg}^{-1}$) apresentaram-se em desconformidade aos padrões, enquanto nos cultivos hidropônicos exceto o CH1 (ND), todos os cultivos apresentaram valores extremamente superiores ao permitido pela legislação vigente e significativamente maiores que os demais cultivos.

Pelo teste de Tukey para o elemento Cd houve diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, no qual dos cinco cultivos hidropônicos, quatro deles mostraram-se significativamente superiores ao convencional, indicando a possibilidade de ocorrência de maior absorção e acumulação deste elemento em sistema hidropônico. Ainda pelo teste de Tukey pode-se observar que não ocorreram diferenças significativas dentro do mesmo sistema o que indica que a contaminação por esse metal está ocorrendo por uma única fonte de contaminação.

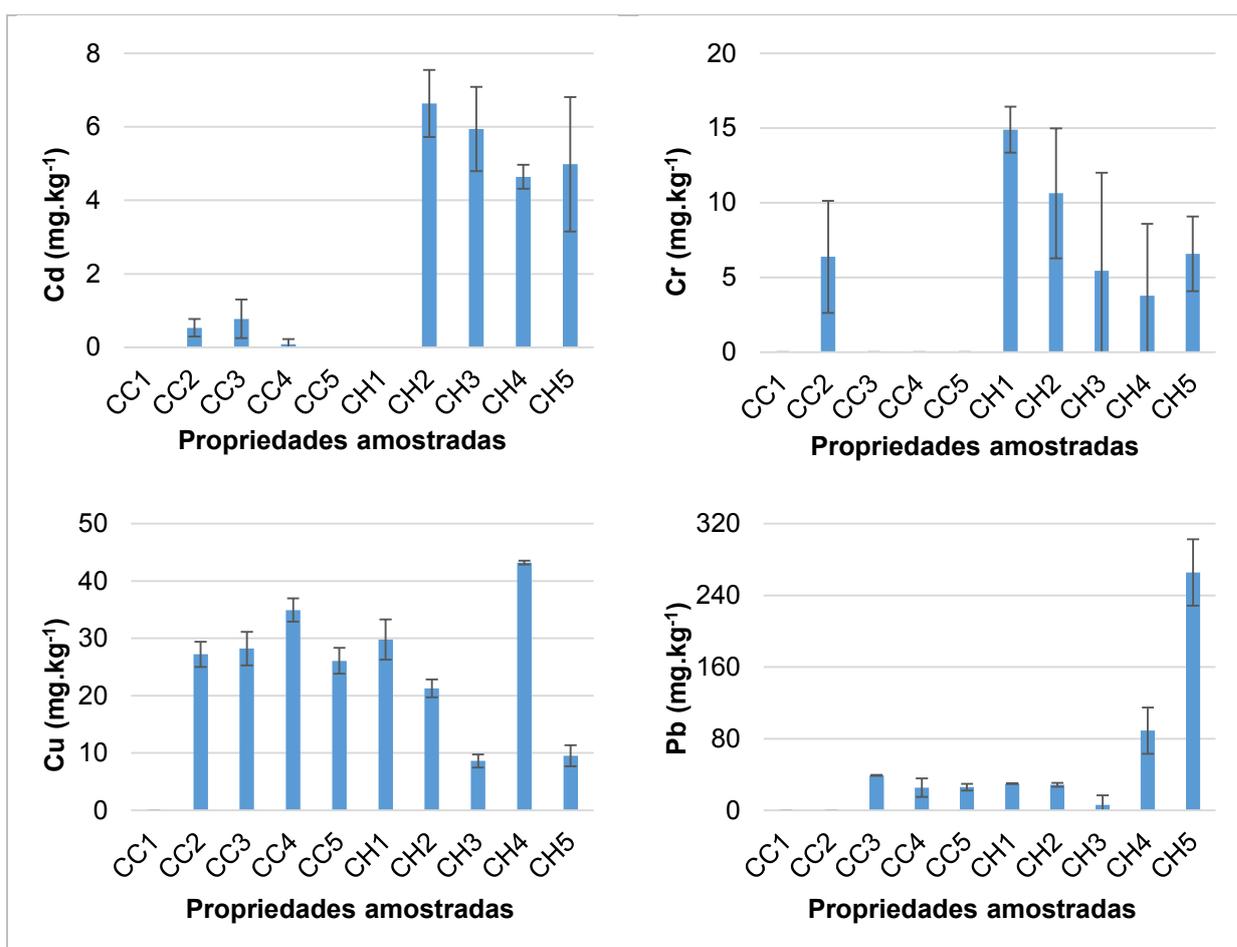


Figura 9. Teores totais de metais pesados (mg.kg^{-1}) presentes nas folhas de alface em função das propriedades e sistemas de cultivo avaliados
Fonte: a autora, 2018.

Machado et al. (2009) avaliaram a presença de cádmio em 10 amostras de alfaces convencionais, e em nenhuma das amostras foi detectado o elemento, Fernandes et al. (2007), fizeram um levantamento em 15 cultivos convencionais de alface e encontraram valores de cádmio entre 0,040 e 0,480 mg kg⁻¹, concentrações semelhantes ao encontrado no presente trabalho.

De acordo com Nava et al. (2011), a plantas cultivadas na presença de concentrações de metais, tendem a acumular esses elementos em seus tecidos, de tal modo Zeitouni (2003) afirma que o cádmio é amplamente utilizado em fungicidas aplicados no manejo da cultura e em adubos fosfatados, os quais são utilizados no cultivo de alface.

Ainda importante ressaltar que plantas como alface são acumuladoras de cádmio, sendo bastante tolerantes a altas concentrações, não apresentando sintomas de toxicidade (MENDES; OLIVEIRA, 2004).

Em relação ao cromo, maiores teores, em geral, foram verificados nos cultivos hidropônicos, enquanto nos plantios convencionais os resultados ficaram abaixo do limite de detecção, com exceção o CC2 (4,25 mg.kg⁻¹) o que sugere que neste cultivo o metal se encontra em teores extremamente baixos.

Para o elemento Cr, as análises estatísticas mostraram diferenças significativas entre os cultivos, no qual dos cinco cultivos convencionais, quatro apresentaram valores significativamente inferiores em suas folhas quando comparados com o hidropônico; enquanto que a propriedade convencional CC2 (4,25 mg.kg⁻¹) mostrou-se semelhante a um dos cultivos hidropônicos; e os demais cultivos hidropônicos mostraram-se significativamente superiores aos cultivos convencionais.

Cunha Filho (2013) analisou teores de cromo em 5 cultivos convencionais de alface e encontrou concentrações entre 2,50 a 6,50 mg.kg⁻¹, valores superiores aos encontrados no presente trabalho, exceto ao CC2 (4,25 mg.kg⁻¹). Os teores de cromo encontrados em alfaces por Fernandes et al. (2007), variaram de 0,693 a 1,613 mg.kg⁻¹.

Conforme citado, dos cinco cultivos hidropônicos, quatro apresentaram concentrações significativamente maiores aos cultivos convencionais, tanto para o elemento cádmio, como para o cromo. Fato este que pode ser explicado de acordo

com Fernandes et al. (2002) pelo fato que no cultivo de alface em sistema hidropônico, o fertilizante nitrogenado ser fornecido principalmente na forma de nitrato dissolvido na água, fato que facilita a absorção pela raiz, de quantidades muito acima da capacidade da planta de metabolizá-lo totalmente, acumulando, assim, o excedente no tecido vegetal.

De acordo com Furlani et al. (2009) no cultivo hidropônico é necessário manter relativamente constante as concentrações de nutrientes no meio, diferente do que ocorre em plantação no solo, onde procura-se fornecer as quantidades exigidas pelas plantas por meio do conhecimento das quantidades disponíveis no solo. Desta maneira, devido à disponibilidade dos metais ser constante e pouco variável ao longo do tempo nos cultivos hidropônicos, pode-se explicar maiores absorções e concentrações dos elementos nas alfaces deste sistema.

De acordo com Backes (2004) os nutrientes desempenham papel fundamental para a qualidade e produtividade da alface hidropônica, no entanto, Furlani et al. (2009), cita que é um desafio ainda a reposição dos nutrientes durante o desenvolvimento das plantas sem afetar o balanço entre as suas concentrações na solução nutritiva, fator este que também pode explicar as maiores concentrações no sistema de cultivo hidropônico.

Para o Cu o teste de Tukey, mostrou diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto ocorreu grande variabilidade dentro do mesmo cultivo, o que indica que a contaminação está ocorrendo por diversas fontes e/ou pelas diferentes dosagens de nutrientes e agrotóxicos. O cultivo CH4 (43,20 mg.kg⁻¹) foi estaticamente superior aos demais, seguido do cultivo CC4 (34,93 mg.kg⁻¹), enquanto que as amostras das demais propriedades apresentaram concentrações inferiores.

De acordo com Bowen (1979), o teor de cobre normal nas plantas apresenta-se na faixa de 5 a 20 mg.kg⁻¹ e em concentrações superiores a 20 até 100 mg.kg⁻¹ ocorre toxidez das plantas. De tal modo, no presente trabalho, somente os pontos CC1 (ND), CH3 (5,43 mg.kg⁻¹) e CH5 (9,50 mg.kg⁻¹) apresentam-se na faixa normal, enquanto teores significativamente superiores foram observados no CH4 (43,20 mg.kg⁻¹), seguido do CC4 (34,93 mg.kg⁻¹), CH1 (29,77 mg.kg⁻¹) e CC3 (28,21 mg.kg⁻¹).

Os teores de cobre variaram entre o limite de detecção e $34,93 \text{ mg.kg}^{-1}$ no cultivo convencional, enquanto no cultivo hidropônico variaram entre $8,61$ a $43,20 \text{ mg.kg}^{-1}$. Gonçalves et al. (2016), encontraram valores semelhantes, que variaram de $17,57$ a $49,24 \text{ mg.kg}^{-1}$ (hidropônica) e de $25,09$ a $45,69 \text{ mg.kg}^{-1}$ (convencional). Fernandes et al. (2007), fizeram um levantamento em 15 cultivos convencionais de alface e encontraram valores de Cu entre $3,76$ a $37,40 \text{ mg.kg}^{-1}$. Pode-se notar, assim, que tanto na literatura, quanto nos resultados do presente trabalho, os teores de cobre em alface são muito variáveis, mesmo dentro de um mesmo sistema.

O Cu é considerado um micronutriente, por ser exigido em baixas concentrações, sendo que a deficiência desse ou de qualquer outro micronutriente causará reduções no desenvolvimento, no crescimento e, conseqüentemente, no rendimento das culturas; importante comentar que o cobre é componente de várias enzimas e encontra-se predominantemente no cloroplasto (OHSE, 2001). No entanto, deve ser evitado em altas concentrações, pois estas levam a intoxicação, causando sérios danos à saúde (ATSDR, 2016).

No que diz respeito ao chumbo, os cultivos convencionais se apresentaram estatisticamente semelhante entre si. Quando aos cultivos hidropônicos, dois cultivos – CH4 ($103,75 \text{ mg.kg}^{-1}$) e CH5 ($265,55 \text{ mg.kg}^{-1}$) – mostraram-se significativamente superiores aos demais, e estatisticamente diferentes entre si.

Apesar dos cultivos convencionais se apresentarem estatisticamente iguais, em dois destes cultivos os teores ficaram abaixo do limite de detecção, sendo que os demais apresentaram-se extremamente acima do limite máximo permitido pela legislação vigente.

Em seus estudos em cultivos convencionais Fernandes et al. (2007), encontraram concentrações de Pb que variaram entre $0,00$ a $66,40 \text{ kg.mg}^{-1}$, enquanto que no presente estudo as concentrações do mesmo cultivo variaram entre o limite de detecção e $38,925 \text{ kg.mg}^{-1}$.

Machado et al. (2008), fizeram um levantamento sobre a concentração de chumbo em alfaces convencionais nos três períodos do ano, e verificaram que no terceiro período do ano, (mesmo período em que foram realizadas as coletas no presente estudo) as amostras avaliadas apresentaram maior nível de chumbo, sendo que os teores do elemento variaram entre $53,77$ e $28,47 \text{ mg.kg}^{-1}$, no entanto, nestes cultivos só foram utilizados adubos orgânicos.

Os altos teores de chumbo encontrados nas amostras, de acordo com Machado et al. (2008), acarretam graves problemas de segurança alimentar, sendo que a metade da ingestão humana de Pb ocorre através de alimentos, dos quais mais da metade é de origem vegetal.

Além disso, as concentrações de chumbo encontradas nesta pesquisa revelaram uma escala de variação muito alta, e por este motivo sugere-se a realização de novos estudos que contemplem as quatro estações do ano, afim de monitorar estes cultivos.

Ainda, de acordo com Teophilo et al. (2014) na cultura das alfaces são permitidas a utilização de 2 herbicidas (ácido ariloxifenoxipropiônico e Homoalanina substituída) 8 fungicidas (Estrobilurina, Isoftalonitrila, Triazol, Imidazolinona, Dicarboximida, Alquilenobis (ditiocarbamato), Feniluréia e Cloroaromático) e 4 inseticidas (Tetranortriterpenóide, Piretróide, Neonicotinóide, Dimetilcarbamato), cada qual possui diferentes composições, podendo explicar as diferenças entre os valores encontrados nas alfaces das propriedades estudadas.

Além disso, a data das pulverizações realizadas previamente à coleta das amostras de alface, possivelmente foi diferente entre as propriedades, o que também pode ter ocasionado diferenças nas concentrações.

4.4 CORRELAÇÃO ENTRE OS TEORES DE METAIS PRESENTES NO SUBSTRATO E NO ALFACE CULTIVADO

Os resultados encontrados na correlação de Pearson entre os teores de metais presentes no substrato – solo do cultivo convencional e solução nutritiva do sistema hidropônico – e nas amostras de alface estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Correlação de Pearson entre os teores de metais presentes no substrato (solo e solução nutritiva) e no alface cultivado nos dois sistemas

	Teor total nas folhas de alface do cultivo hidropônico					Teor total nas folhas de alface do cultivo convencional			
	Cd	Cu	Cr	Pb		Cd	Cu	Cr	Pb
Teor total na solução nutritiva	0,528	0,089	0,974	-0,561	Teor total no solo	0,384	0,233	-0,129	0,612

Fonte: a autora, 2018.

Pela correlação de Pearson (r) o elemento Cr na solução nutritiva apresentou uma correlação muito forte, assim podem-se explicar os altos teores deste elemento nas folhas de alface devido aos teores do elemento na solução nutritiva.

Já o Cd apresentou uma correlação moderada, assim pode-se afirmar que as concentrações encontradas nas folhas de alface, estão sendo influenciadas, tanto pelos elementos presentes na solução nutritiva, quanto por outros fatores, como pelo uso de insumos, como fertilizantes, agrotóxicos e controle químico.

Em relação ao Pb, ocorreu uma correlação moderada negativa, sendo que o CH5 que apresentou a maior concentração de Pb nas folhas de alface, apresentava a menor concentração do metal em seu substrato. De tal modo, pode-se dizer que o responsável pela contaminação da hortaliça não é o substrato e que este elemento deve estar presente nas folhas de alface devido a pulverização.

O elemento Cu não apresentou correlação entre a solução nutritiva e o alface, o que indica que a contaminação por esse metal não se deve ao substrato, e assim à outros fatores que estão interferindo nos teores desse metal na hortaliça.

Dos metais analisados no solo, pela correlação de Pearson (r) somente o Pb apresentou uma correlação moderada, enquanto os demais elementos Cd, Cu e Cr não apresentaram correlação entre os teores de metais presentes no solo e nas hortaliças, de tal forma, sugere-se que a contaminação por metais pesados nas hortaliças em cultivos convencionais ocorre em maior parte pela pulverização.

De maneira geral, tanto para o cultivo convencional, quanto para o cultivo hidropônico os teores no alface não apresentaram correlação com os teores no substrato, o que indica que a contaminação está ocorrendo através do uso de agrotóxicos e insumos utilizados para o controle de pragas e doenças.

Segundo Machado et al. (2009) os altos teores de metais presentes nas folhas de alface também podem ser explicados pelo manejo, devido a práticas inadequadas no campo, por meio de limpeza deficiente, sendo essa contaminação de difícil remoção, já que o alimento é consumido cru.

Ainda, segundo levantamento realizado pela Anvisa (2007), 40% das amostras de alface mostraram-se insatisfatórias, sendo a alface o terceiro alimento com maior quantidade de agrotóxicos, apresentando teores de resíduos acima do permitido; e o uso de agrotóxicos não permitidos nessas culturas é um dos fatores

que podem explicar as altas concentrações de metais encontradas nas culturas estudadas.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos pelas análises de metais pesados nas folhas de alface, observou-se que para o elemento Pb todas as amostras de folhas de alface hidropônica apresentaram concentrações acima do permitido pela legislação vigente, enquanto nas alfaces convencionais duas amostras estavam em conformidade com a legislação. No cultivo hidropônico em relação ao Cd exceto uma amostra, todas as amostras apresentaram-se significativamente superiores ao cultivo convencional, assim como ocorreu com o elemento Cr, enquanto para o Cu ocorreu grande variabilidade tanto dentro dos sistemas, quanto entre os sistemas.

Quando realizada a correlação de Pearson (r), entre as folhas de alface com o substrato tanto no cultivo hidropônico quanto no cultivo convencional, em geral, os teores na alface não apresentaram correlação com os teores no substrato, o que indica que a contaminação por metais pesados nas folhas de alface está mais relacionada à outros fatores do que ao substrato. De tal modo, pode-se dizer que a contaminação pode estar ocorrendo tanto pelo manejo inadequado, quanto pelos insumos utilizados na pulverização para controlar pragas e doenças e aumentar a produtividade.

Sugere-se para os próximos estudos, a realização de monitoramento das concentrações de metais nas folhas de alface e substrato, desde o início até o final do ciclo de cultivo, com o objetivo de identificar a bioacumulação destes metais pelas alfaces. Ainda recomenda-se o acompanhamento das pulverizações visando identificar os momentos em que ocorrem maiores aumentos dos teores de metais ao longo do ciclo, de tal modo identificando a relação entre a pulverização e as concentrações de metais nas folhas de alface.

6 REFERÊNCIAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Programa de análises de resíduos de agrotóxicos em alimentos**. 2007.

ATSDR - Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **Chromium** (2011). Disponível em: < <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=17>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

ATSDR - Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **Cobre** (2016). Disponível em:< https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts132.html>. Acesso em: 14 ago. 2017.

ATSDR - Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **Cadmium** (2011). Disponível em:< <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=15>>. Acesso em: 14 ago. 2017.

ATSDR - Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **Cádmio** (2012). Disponível em:<https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/ToxFAQS_Foreign_Language_PDFs/tfacts5_portuguese.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2017.

ATSDR - Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **Chumbo** (2007). Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/ToxFAQS_Foreign_Language_PDFs/tfacts13_portuguese.pdf>. Acesso em; 14 ago. 2017.

ALCÂNTARA, F. A.; MADEIRA, N. R. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. (Circular Técnica, 64).

ALVES, M. S.; SOARES, T. M.; SILVA, L. T.; FERNANDES, J. P.; OLIVEIRA, M. L. A.; PAZ, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 5, 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22. ed. Washington: APHA, 2012.

ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; DORNAS, M. F. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, v.30, n.2 , 2010.

BACKES, F. A. A. L.; DOS SANTOS, O. S.; PILAU, F. G.; BONNECARRERE, R. A. G.; MEDEIROS, S. L.; FAGAN, E. B. Reposição de nutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface. *Ciência Rural, Santa Maria*, v. 34, n. 5, p.1407-1414, 2004.

BARBOSA, V. A. A.; CARDOSO FILHO, F. C.; SILVA, A. X. L.; OLIVEIRA, G. S.; ALBURQUERQUE, W. F.; BARROS, V. C. Comparação da contaminação de alface (*Lactuca sativa*) proveniente de dois tipos de cultivo. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Ambiental*, v. 10, n. 2, p. 231-242, 2016.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, Recife, v. 8 e 9, p.107-137, 2012.

BOWEN, H.J.M. Environmental chemistry of the elements. London: Academic Press, 1979.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013. Diário Oficial da União, Brasília, 2013.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 30 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, Brasília, 2005.

BRASIL. Lei n. 7802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1989.

CAMPOS, M. L.; DA SILVA, F. N.; FURTINI NETO, A. E.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; ANTUNES, A. S. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. *Pesq. agropec. bras.* v.40, n.4, p.361-367, 2005.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; SOUZA, A. F. (2000). *Princípios de nutrição mineral, formulação e manejo da solução nutritiva*. In: CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. Princípios de hidroponia. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000, 10-18p. (Circular Técnica, 22).

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Balanco 2016 Perspectivas 2017**. Disponível em: <<http://www.cnabrasil.org.br/balanco-2016-e-perspectivas-2017>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

CONSOLI, R. A. G. B.; DE OLIVEIRA, R. L. Controle químico e biológico: perspectivas. In: CONSOLI, R. A. G. B.; DE OLIVEIRA, R. L. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1994. p.155-159.

CUNHA FILHO, F. F. *Metais pesados em solo, água e hortaliças em áreas produtoras de olerícolas na zona da mata de Pernambuco*. Recife, 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco.

EMATER - Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural. **A agricultura familiar e a olericultura no Paraná** (2016). Disponível em: <<http://www.emater.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=4624>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

FAROOQ, U; KOZINSKI, J.A.; KHAN, M.A.; ATHAR, M. Biosorption of heavy metal ions using wheat based biosorbents – A review of the recent literature. *Bioresource Technology*, v. 101, p. 5043-5053, 2010.

FERNANDES A. A ; MARTINEZHE, P.; PEREIRA P. R. G.; FONSECA, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura brasileira*. v.20, p. 195-200, 2002.

FERNANDES, R. B. A; LUZ, W. V.; FONTES, M. P. F.; FONTES, L. E. F. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, n.1, p.81-93, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FURLANI, P.R., SILVEIRA, L.C.P., BOLONHEZI, D., FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p. (Boletim Técnico 180).

FURLANI, P. R; SILVEIRA, L. C. P; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. 2009. Disponível em: <http://www.infobibos.com/artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em: 5 jan. 2018.

GONÇALVES JR, A. C.; PESSOA, A. C. S. Fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em argissolo vermelho eutrófico a partir de adubos comerciais. *Rede de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 2002.

GONÇALVES JR. A. C.; SELZLEIN, C.; NACKE, H. Uso de biomassa seca de aguapé (*Eichornia crassipes*) visando à remoção de metais pesados de soluções contaminadas. *Acta Scientiarum Technology*, v. 31, n. 1, p. 103-108, 2009.

GRANGEIRO, L. C.; COSTA, C. C. CECÍLIO FILHO, A. B.; GRILLI, G. V. G.; COELHO, R. L.; BERGAMIN, L. G. Produção de rúcula em hidroponia com diferentes concentrações de cobre. *Hortic. Bras.* v.21, n.1, 2003.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. *Tipos de alface cultivadas no Brasil*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 7 p. (Comunicado Técnico, 75).

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Agents classified by the iarc monographs, volumes 1-119**. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

IAPAR - Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário (2006)**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=412770&idtema=3&search=parana|toledo|censo-agropecuario-2006>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Toledo (2016)**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=412770&search=parana|toledo|infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

IOF - Institute of Medicine. **Food and Nutrition Board**. Dietary Reference Intakes. National Academic Press, Washington D.C., 1999-2001.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: Florida, 2000. 331p.

KLEIN, F. C.; HOEHNE, L. Determinação de chumbo em solo de uma antiga fábrica de acumuladores elétricos e proposta de remediação. *Revista Destaques acadêmicos*, v.6, n.4, p.66-75, 2014.

KROHN, N. G.; MISSIO, R. F.; ORTOLAN, M. L.; BURIN, A.; STEINMACHER, D. A. LOPES, M. C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 2, p. 216-219, 2003.

LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FEY, R. RICHARDT, A.; FONTANIVA, S. Análise química de solo e de tecido vegetal: metodologias analíticas. 2. ed. Cascavel: EDUNIOESTE, 2016. 155 p.

LÓPEZ, Y. P. *Metais pesados em solos representativos das principais regiões agrícolas: Valore de referência, geoquímica e fatores de variabilidade*. Seropédica, 2015. 107 f. Tese (Doutorado em agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Eds.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.143-168.

MACHADO, S. S.; BUENO, P. R. M.; DE OLIVEIRA; M. B.; DE MOURA, C. J. Concentração de chumbo em alface cultivada com diferentes adubos orgânicos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. v.10, n.1, p.63-70, 2008.

MACHADO, S. S.; BUENO, P. R. M.; DE OLIVEIRA; M. B.; DE MOURA, C. J. Contribuição à análise de perigos na produção de alface. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. v.11, n.2, p.191-198, 2009.

MELO, G. M. P.; MELO, V. P.; MELO, W. J. *Metais pesados no ambiente decorrente da aplicação de lodo de esgoto em solo agrícola*. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/CB5F6214/LODOMETAL.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J. F. Qualidade da água para consumo humano. *Lidel*, Lousã, 2004.

MONTEIRO, M.F. Lixo Tóxico Vira Matéria Prima. *Repórter Brasil*, São Paulo, 17 de outubro de 2005.

NAVA, I. A.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; NACKE, H.; GUERENI, V. L.; SCHWANTES, D. Disponibilidade dos metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo no solo e tecido foliar da soja adubada com diferentes fonte de NPK +ZN. *Ciênc. Agrotec*. V.35, n.5, p.884-892, 2011.

OHSE, S.; MARODIM, V.; DOS SANTOS, O. S.; LOPES, S. J.; MANFRON, P. A. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. *Revista da FZVA*, v.7/8, n.1, p.41-50, 2001.

PREFEITURA TOLEDO. **Olericultores de Toledo ampliaram em 25% a produção de verduras e legumes em 2014** (2015). Disponível em: <<https://www.toledo.pr.gov.br/noticia/olericultores-de-toledo-ampliaram-em-25-a-producao-de-verduras-e-legumes-em-2014>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

PÔRTO, M. L. A.; ALVES, J. C.; SOUZA, A. P.; ARAÚJO, R. C.; ARRUDA, J. A.; TOMPSON JÚNIOR, U. A. Doses de nitrogênio no acúmulo de nitrato e na produção da alface em hidroponia. *Horticultura Brasileira*, v. 30, p. 539-543, 2012.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. *Pesq. Agropec. Bras.* V.35, n.7, 2000.

ROESE, F. M. *Metais em água, solo e hortaliças produzidas na região urbana do município de campo grande, MS*. Campo Grande, 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

SANTANA, L. R. R.; CARVALHO, R. D. S.; LEITE, C. C.; ALCÂNTARA, L. M. OLIVEIRA, T. W.; RODRIGUES, B. M. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*Lactuca sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* v. 26, n.2, 2006.

SCHMIDT, C. A. P.; MIGLIORANZA, E.; NAGASHIMA, G.; GRECCO, F. Concentrações de metais pesados em grãos de café produzidos em lavouras sobre solos originados do basalto e do arenito Caiuá. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.5, 2009.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. *Revista Ceres*, v. 61, 2014.

SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Olericultura – Análise da Conjuntura Agropecuária** (2016). Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2017/Olericultura_2015_16.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2017.

SILVA, L. S.; GALINDO, M. C. L.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOMES, R. P. CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A. Heavy metal contents in Latosols cultivated with vegetable crops. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 46, n. 4, p. 391-400, 2016.

SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G., MOREIRA, F. M. S. Fitotoxidez de cádmio para *Eucalyptus maculata* e *E. urophylla* em solução nutritiva. *Revista Árvore*, v. 29, n. 2, 2005.

STERTZ, S. C.; PENTEADO, P. T. P. S.; FREITAS, R. J. S. Nitritos e nitratos em hortícolas produzidas pelos sistemas de cultivo convencional, orgânico e hidropônico na Região Metropolitana de Curitiba. *Ver. Inst. Adolfo Lutz*, v. 63, n. 2, 2004.

SCHMIDT, D.; SANTOS, O. S.; BONNECARRERE, R. A. G.; MARIANI, O. A.; MANFRON, P. A. Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. *Hortic. bras.*, v.19, n.2, 2001.

SANTOS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N. Influência de diferentes manejos agrícolas na distribuição de metais pesados no solo e em plantas de tomate. *R. Bras. Ci. Solo*. n.26, p.535-543, 2002.

THEOPHILO, C. F.; POLI, M. F. P.; CUERVO, M. R. M.; MILANEZ, J. F.; MELGAREJO, L.; PIZZATO, A. C.; Agrotóxicos permitidos no cultivo das frutas e verduras mais consumidas pela população brasileira e algumas de suas implicações na saúde. *Revista eletrônica PUCRS*. v.7, n. 1, p. 1-17, 2014.

WAN NGAH, W.S.; HANAFIAH, M.A.K.M. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresource Technology*, v. 99, 2008, p. 3935–3948.

ZEITOUNI, C. F. *Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um latossolo vermelho amarelo distrófico*. Campinas, 2003. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agronômico.