

**Bruno Lucio Meneses Nascimento<sup>1\*</sup>**

**Diana Rayla C. de Souza Gomes<sup>2</sup>**

**Suely Silva de Araújo<sup>3</sup>**

**Jorge Diniz de Oliveira<sup>4</sup>**

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 15/05/2013. Aprovado em 20/08/2013.

<sup>1</sup> Biólogo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará-UFC, Departamento de Ciências do Solo, Bloco 807, Campus do Pici, Av. Mister Hull, s/n, CEP: 60021-970, Fortaleza-CE. E-mail: brunoimpma@hotmail.com

<sup>2</sup> Química, Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, Centro de Estudos Superiores de Imperatriz-CESI, Rua Godofredo Viana, número 1300, Centro, CEP: 65901-040, Imperatriz-MA. Email: dianarayla@hotmail.com

<sup>3</sup> Química, Discente do Programa de Especialização em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, Centro de Estudos Superiores de Imperatriz-CESI, Rua Godofredo Viana, número 1300, Centro, CEP: 65901-040, Imperatriz-MA. Email: suellysilvaaraujo@hotmail.com

<sup>4</sup> Químico Industrial, D. Sc., Professor Adjunto do Departamento de Química e Biologia do Centro de Estudos Superiores de Imperatriz-CESI, Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, Rua Godofredo Viana, número 1300, Centro, CEP: 65901-040, Imperatriz-MA. Email: jzinid@uol.com.br



## Extração Seqüencial de Ferro e Cobre em Olerícolas Orgânicas e Convencionais Comercializadas em Imperatriz-Maranhão.

### RESUMO

Estudos que abordem a determinação de nutrientes em alimentos são importantes, pois permite verificar se as plantas cultivadas e consumidas contêm quantidades adequadas de determinado nutriente, e se esses valores estão de acordo com níveis recomendados pela organização mundial de saúde. O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade de ferro e cobre por intermédio da extração seqüencial em hortaliças orgânicas e convencionais comercializadas na cidade de Imperatriz-MA, e também verificar se o teor disponível desses nutrientes está dentro do limite tolerável de ingestão diária recomendada pela organização mundial da saúde. As hortaliças estudadas foram: Abobrinha (*Cucurbita pepo* L.) e Pepino (*Cucumis sativus* L.). Os teores de  $Fe^{3+}$  e  $Cu^{2+}$  total nas amostras de hortaliças foram determinados utilizando a extração nitro-perclórica (3:1). O ferro e o cobre foram quantificados em espectrômetro de absorção atômica em chama, modelo Varian AA-240, equipado com lâmpada de deutério. A disponibilidade de ferro e cobre foi estudada de acordo com o método de extração seqüencial usado por ANDRADE et al. (2005, a) e Li et al., (2010). Com os resultados obtidos pode-se perceber que todas as hortaliças avaliadas apresentaram teor de ferro e cobre adequados de acordo com a Embrapa (2009) e de acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006). Com os resultados da extração seqüencial, notou-se que o ferro e o cobre disponíveis presente no pepino e na abobrinha de cultivo convencional é maior que os teores encontrados nessas mesmas hortaliças de sistema orgânico. Dentre as hortaliças avaliadas, a abobrinha orgânica apresenta o menor teor de cobre biodisponível, o que indica que essa hortaliça não representa uma fonte viável para fornecer esse mineral para os organismos vivos.

**Palavras-Chaves:** hortaliças, disponibilidade, extração seqüencial.

### *Sequential Extraction of Iron and Copper in Organic and Conventional Vegetables Sold in Imperatriz-Maranhão.*

### ABSTRACT

**SUMMARY:** Studies addressing the determination of nutrients in foods are important because it allows to verify if the plants cultivated and consumed contain suitable quantities of a specific nutrient, and if these values are in agreement with levels recommended by the World Health Organization. The objective of this work was to evaluate the availability of iron and copper through the sequential extraction in organic and conventional vegetables sold in the city of Imperatriz-MA, and also check if the content of these nutrients are available in accordance with the limit of tolerable daily intake recommended the world health organization. The vegetables studied were: zucchini (*Cucurbita pepo* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). The content of  $Fe^{3+}$  and  $Cu^{2+}$  in the samples of vegetables was determined using extraction nitro-perchloric (3:1). The iron and copper were quantified in spectroscopy of atomic in flama, Varian Model AA-240,

equipped with deuterium lamp. The availability of iron and copper was studied according to the method the sequential extraction used by Andrade et al. (2005,) and Li et al. (2010). With these results we can see that all the vegetables presented in iron and copper adequate according to Embrapa (2009) and according to the World Health Organization (WHO, 2006). The results of the sequential extraction, it was noted that

the available iron and copper present in cucumber and zucchini in conventional tillage is greater than the levels found in those vegetables from the organic system. Among the vegetables evaluated, organic zucchini has the lowest bioavailable copper content, which indicates that this vegetable is not a viable source to provide this mineral for living organisms.

**Key words:** vegetables, availability, sequential extraction.

## INTRODUÇÃO

As hortaliças são boas fontes para o fornecimento de carboidratos, proteínas e sais minerais ao organismo humano. Considerando 40 produtos como hortaliças, o Brasil produziu cerca de 18 milhões de toneladas no ano de 2012, cuja as vendas gerou R\$ 24,2 bilhões e 7,3 milhões de empregos na área produtora (POLL et al., 2012). Borguini & Torres (2006) afirmam que um alimento orgânico pode ser definido como um produto cultivado e processado de acordo com normas específicas, cujo princípio básico é o menor uso de insumos externos, sendo esses muito utilizados no sistema de produção convencional. Não se pode afirmar que um alimento orgânico seja nutricionalmente superior a um alimento convencional, pois os estudos que avaliam alimentos comprados no comércio não permitem a obtenção de conclusões claras sobre o impacto do sistema de produção orgânico e convencional no valor nutritivo de determinado alimento (BORGUINI & TORRES, 2006).

Segundo Andrade et al. (2005) os nutrientes minerais constituem um grupo de elementos largamente encontrados na natureza, exercendo papéis dos mais importantes em diversos setores dos organismos vegetais e animais. Nos vegetais o ferro atua na ativação enzimática, participa em reações fundamentais de oxidorredução e como catalisador da biossíntese de clorofila (Dechen & Nachtigal, 2006). O cobre encontra-se como constituinte de enzimas localizadas nos cloroplastos, atua na catalisação de reações de oxidação de compostos fenólicos e cetonas, além de influenciar a fixação do N<sub>2</sub> pelas leguminosas (Dechen & Nachtigal, 2006). Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006) os limites máximos toleráveis para o cobre e ferro são de 2–10 mg dia<sup>-1</sup> e 15–45 mg dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Estudos que abordem a determinação de nutrientes em alimentos são importantes, pois permite verificar se as plantas cultivadas e consumidas contêm quantidades adequadas de determinado nutriente e se esses valores estão de acordo com níveis recomendados pela organização mundial de saúde (NASCIMENTO et al., 2012). Através da determinação do teor total de determinado mineral não é possível medir o quanto será realmente absorvido pelo organismo animal, entretanto, estudos que envolvem extração sequencial e especiação química, pode-se obter novos dados para avaliar de forma mais eficaz a quantidade do mineral que realmente será absorvida (SILVA et al., 2010).

Andrade et al. (2005) afirmam que a especiação química em amostras sólidas deve ser estudada por intermédio da extração sequencial, o qual baseia-se em submeter a amostras à uma sequência de extratores fracos

até extratores fortes para extrair especificamente o metal associado a uma forma química. Esses mesmo autores relatam que um elemento pode estar presente em um sólido sob a forma de espécies adsorvidas na superfície, como precipitados, em sítios de troca iônica, como coprecipitados, ocluídos ou como compostos de coordenação. De modo geral, nas primeiras extrações é possível quantificar os elementos considerados lábeis, ou seja, de elevada disponibilidade e de fácil absorção. Na fração residual (geralmente extraída com ácido forte) encontra-se o mineral que provavelmente não são facilmente desprendidos sob condições normais, sendo considerada como a fração residual, ou seja, demonstra a quantidade de metal que não está disponível para que os organismos absorvam.

Diversos estudos foram realizados utilizando a extração sequencial em alimentos, como por exemplo o de Andrade et al. (2005), o qual teve por objetivo avaliar as formas químicas de zinco em hortaliças do tipo A e do tipo B. Esses autores chegaram à conclusão de que o zinco encontra-se sob a forma de no mínimo 6 espécies químicas distintas, onde as maiores concentrações encontradas são quantificadas na fração menos disponível, indicando assim que as hortaliças avaliadas apresentam baixo potencial de fornecimento de zinco biodisponível. Andrade et al. (2005, b) ao avaliarem a extração sequencial de cobre, ferro e zinco em ervas medicinais, chegaram à conclusão que as ervas avaliadas apresentaram-se como fontes adequadas para suplementar esses nutrientes aos organismos vivos. Esses mesmo autores afirmam que 25 g dessas ervas poderão fornecer cerca de 10% da ingestão diária recomendada para ferro e cobre e cerca de 7,5% para o zinco.

Diante disso, diversos fatores de produção e processamento podem influenciar na concentração e na disponibilidade do elemento químico em alimentos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade de ferro e cobre por intermédio da extração sequencial em hortaliças orgânicas e convencionais comercializadas na cidade de Imperatriz-MA. Foi avaliado também se o teor disponível desses nutrientes está dentro do limite tolerável de ingestão diária recomendada pela organização mundial da saúde.

## MATERIAL E MÉTODOS:

As amostras de hortaliças orgânicas foram adquiridas em parceria com o Centro de Difusão Tecnológica-CDT/Imperatriz, enquanto, as convencionais foram coletadas em um supermercado da cidade de Imperatriz-MA. As amostras foram adquiridas em triplicata. As hortaliças estudadas foram: Abobrinha (*Cucúrbita pepo*

L.) e Pepino (*Cucumis sativus* L.).

Após a aquisição, as amostras foram lavadas com água destilada para a retirada de terra e outros detritos pertinentes e posteriormente escovadas com cerdas de polipropileno e lavadas com água desionizada. A parte consumível das hortaliças foi utilizada no experimento e as raízes descartadas. Toda a água utilizada no estudo foi previamente destilada e purificada em sistema desionizador de água até alta pureza (resistividade 18,2 M $\Omega$  cm<sup>-1</sup>). A limpeza de toda vidraria foi feita com detergente neutro, lavada com água de torneira, e cinco vezes com água destilada, sendo posteriormente submersa em solução de ácido nítrico a 10% (v/v) e mantida por 24 horas nessas condições. Em seguida, retirado do banho, o material foi lavado com água destilada e enxaguado com água desionizada e seco em estufa.

Os teores de Fe<sup>3+</sup> e Cu<sup>2+</sup> foram determinados nas amostras de hortaliças utilizando a extração nitro-perclórica (3:1) de acordo com metodologia descrita por Embrapa (2009). Para isso, foi pesado 0,5 g do material vegetal desidratado e moído em tubos de vidro, em seguida foi adicionado 6,0 mL da mistura de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) + ácido perclórico (HClO<sub>4</sub>) deixando em repouso por 3 a 4 horas. Posteriormente, os tubos foram colocados em uma placa digestora, sendo a temperatura elevada até atingir 120 °C, permanecendo nesta temperatura até o volume se reduzir à metade. Passado esse tempo, a temperatura foi aumentada para 200°C e mantida constante até o extrato ficar incolor, em torno de 3 a 4 horas. O extrato foi avolumado em balão volumétrico de 50 mL após o esfriamento. As concentrações de cobre e ferro foram quantificadas por espectrometria de absorção atômica em chama FAAS e equipado com lâmpada de deutério modelo Varian AA 240. Todas as amostras foram determinadas em triplicata.

A disponibilidade de ferro e cobre foi estudada seguindo o método de extração sequencial usado por ANDRADE et al. (2005, a) e Li et al., (2010). O processo de extração sequencial utilizado possui como primeiro extrator o ácido acético, que possui a finalidade de extrair o metal que está fracamente ligado na superfície da alface, por troca iônica. O segundo extrator utilizado extrai o metal que estava ligado aos carbonatos visto que os carbonatos são sensíveis à variação de pH, (ANDRADE et al. (2005, a). Como terceiro extrator, utilizou-se uma solução de cloridrato de hidroxilamina, com a finalidade de extrair o metal que está ligado aos óxidos e manganês segundo Keller & Veddy (1994). Para extrair o metal que estava ligado a matéria orgânica e sulfetos, utilizou-se uma solução de hidróxido de sódio.

Na quinta e última extração, utilizou-se uma solução de ácido clorídrico, considerado um extrator forte o qual tem a finalidade de extrair o metal que provavelmente não são facilmente desprendidos sob condições normais. Portanto, a quinta extração é considerada como a fração residual, ou seja, demonstra a quantidade de metal que não está disponível para que os organismos absorvam. Utilizou-se cerca de 5 g da amostra de cada hortaliça

dessecada sendo posteriormente submetida à extração sequencial. As soluções extratoras utilizadas e seus respectivos tempos de contato com as amostras de alface foram: Ácido acético 0,1 mol L<sup>-1</sup> (4h); Tampão: Ácido acético 0,5 mol/L e Acetato de Amônio 5 % pH 5,0 (12h); Cloridrato de hidroxilamina 0,1 mol L<sup>-1</sup> pH 2,0 (8h); Hidróxido de Sódio 0,1 mol L<sup>-1</sup> (2h); Ácido clorídrico 0,5 mol L<sup>-1</sup> (2h). Em seguida foi filtrado 40 mL do extrato após o tempo de contato com a amostra e este utilizado para a determinação de ferro e cobre. As concentrações dos elementos extraídos com a extração sequencial foram determinadas por espectrometria de absorção atômica em chama FAAS e equipado com lâmpada de deutério modelo Varian AA 240.

Foi aplicado teste de média (Tukey a 5% de probabilidade) para os teores totais de ferro e cobre, sendo que a comparação feita foi entre as hortaliças do mesmo sistema de produção e entre os dois sistemas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversos valores disponíveis na literatura são utilizados como guia básico para interpretação do estado nutricional das plantas. Dessa forma, se o teor encontrado estiver dentro da faixa considerada adequada do nutriente segundo a EMBRAPA (2009), considera-se que a cultura está bem nutrida, caso esteja abaixo ou acima, considera-se que a planta poderá apresentar problemas nutricionais relativos à deficiência ou toxidez, respectivamente. Valores máximos que devem ser ingeridos pelo organismo humano também estão disponíveis na literatura, sendo que a ingestão de minerais acima do limite máximo recomendado pela organização mundial de saúde (WHO, 2006) poderá causar riscos ou efeitos adversos ao organismo humano.

Neste estudo, os teores de ferro obtidos nas amostras de abobrinha orgânica e convencional apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 1), sendo que a abobrinha convencional apresentou maior teor de ferro em relação à orgânica. Tanto a abobrinha orgânica quanto a convencional apresentaram teor de ferro considerado adequado, 60-200 mg kg<sup>-1</sup> segundo a EMBRAPA (2009). Esse resultado é diferente do obtido por NEPA-UNICAMP (2011), o qual foi de 2 mg de Fe kg<sup>-1</sup>. Considerando uma ingestão de 100 g de abobrinha por dia, o teor de ferro ingerido seria de 6,0 e 8,4 mg a partir da abobrinha orgânica e convencional respectivamente. Esses valores estão abaixo do nível máximo tolerável permitido para ingestão diária de ferro segundo a organização mundial de saúde (WHO, 2006) que é de 45 mg de ferro por dia, indicando assim que a abobrinha apresenta-se como fonte adequada para a suplementação de ferro aos organismos vivos.

Os teores de ferro encontrados no pepino orgânico e convencional foram diferentes estatisticamente entre si, sendo que o maior valor foi verificado na amostra oriunda do sistema de produção convencional (Tabela 1). EMBRAPA (2009) afirma que o teor de ferro que deve

conter no pepino está entre a faixa de 50-300 mg kg<sup>-1</sup>, o que indica que o pepino orgânico e convencional avaliados estão nutricionalmente adequadas quanto ao teor de ferro.

Considerando uma ingestão de 100 g de pepino (orgânico ou convencional) por dia, o teor de ferro ingerido seria de 8,5 e 9,0 mg, respectivamente. Esses valores estão abaixo do valor máximo tolerado para ingestão diária desse mineral segundo a organização mundial de saúde (WHO, 2006), o que indica que tanto o

pepino orgânico quanto o convencional são fontes seguras para a suplementação na alimentação humana.

Observa-se que o teor de ferro obtido nas duas hortaliças apresentou-se abaixo do nível máximo tolerável para ingestão diária considerando uma alimentação em torno de 100 g, o que indica que essas espécies apresentam potencial seguro para suprir as necessidades alimentares do homem quanto ao ferro sem causar toxidez ao seu organismo.

**Tabela 1.** Comparação estatística entre as médias dos teores de Ferro encontrados nas olerícolas orgânicas e convencionais comercializadas na cidade de Imperatriz-MA

Olerícola	Ferro (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Sistema Orgânico	Sistema Convencional
Abobrinha	60,0 bB	84,0 bA
Pepino	85,8 aB	90,5 bA
CV(%)	4,24	

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade

Os teores de cobre encontrados nas amostras de abobrinha orgânica e convencional não apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 2). O mesmo ocorreu com o pepino em ambos os sistemas de produção avaliados. Verificou-se também que as concentrações de cobre obtidas na abobrinha e no pepino estão abaixo das faixas consideradas adequadas para essas hortaliças, 10-25 mg kg<sup>-1</sup> e 7-20 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente, conforme definido pela EMBRAPA (2009). Esse resultado pode indicar que a abobrinha e o pepino avaliados apresentaram algum sintoma de deficiência de cobre durante o seu desenvolvimento. Diante disso, Dechen & Nachtigall (2006) afirmam que as deficiências de cobre ocorrem principalmente em plantas cultivadas em solos orgânicos

ácidos, em solos derivados de rochas ígneas muito ácidas e em solos lixiviados de textura arenosa, os quais favorecem a redução desse micronutriente no solo.

Considerando uma ingestão diária de 100 gramas para a abobrinha orgânica e convencional, e para o pepino, orgânica e convencional, o teor de cobre ingerido seria de 0,20; 0,18; e 0,24; 0,26 mg, respectivamente. Dessa forma, entende-se que esses valores fornecidos por dia estariam abaixo da necessidade diária recomendada para o cobre na alimentação humana que segundo a WHO (2006) é de 2,0 mg dia<sup>-1</sup>. Sendo assim, pode-se observar que a abobrinha e o pepino apresentam níveis de cobre considerados seguros para a saúde humana.

**Tabela 2.** Comparação estatística entre as médias dos teores de Cobre encontrados nas olerícolas orgânicas e convencionais comercializadas na cidade de Imperatriz-MA

Olerícola	Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Sistema Orgânico	Sistema Convencional
Abobrinha	2,0 aA	1,8 aA
Pepino	2,4 aA	2,6 aA
CV(%)	5,8	

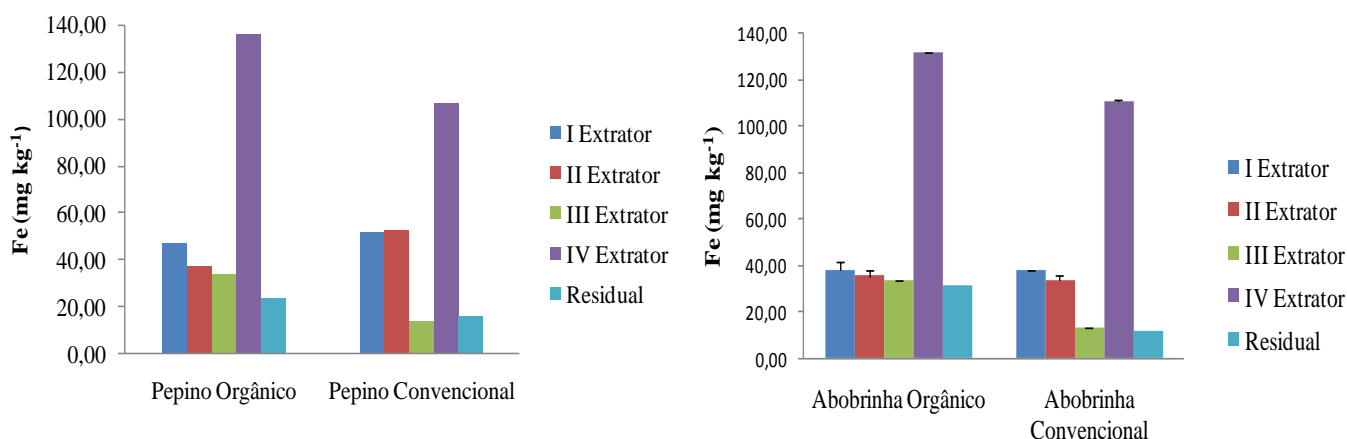
Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ainda com relação aos resultados mostrados na Tabela 1 e 2, de modo geral, dentre as hortaliças avaliadas neste

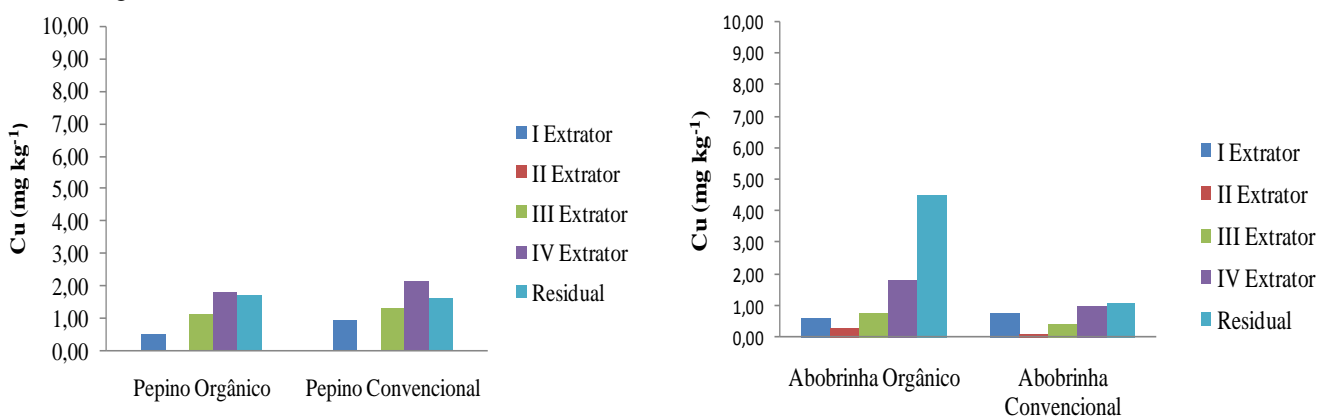
trabalho, todas podem ser consideradas como adequadas fontes de ferro e cobre, uma vez que o consumo de 100 g dessas hortaliças fornecem teores adequados desses nutrientes de acordo com a Organização mundial da Saúde.

Os teores verificados na extração sequencial estão descritos nas figuras 1 e 2. O ferro nas duas hortaliças avaliadas e nos dois sistemas de produção encontra-se sob cinco formas químicas, sendo que a quantidade de ferro extraída com o IV extrator é superior às outras extrações. O percentual de ferro disponível presente no pepino e na abobrinha de cultivo convencional é de 91 e 94%

respectivamente (figura 1), os quais correspondem à somatória das quatro primeiras frações, consideradas de elevada disponibilidade. Ao avaliar essas mesmas hortaliças em sistema orgânico, pode-se verificar que o teor biodisponível de ferro é menor (88,92 e 88,12%) que o encontrado naquelas de sistema convencional. Dessa forma, conclui-se que o ferro esteve preferencialmente associado às frações consideradas lábeis ou biodisponível, sendo que o quiabo e a abobrinha convencional são as hortaliças que possuem maior possibilidade de suplementar ferro em uma forma química facilmente absorvida para o organismo humano.



**Figura 1.** Teores de ferro extraídos pela extração sequencial das amostras de Pepino (a) e Abobrinha (b) cultivadas em sistemas orgânico e convencional



**Figura 2.** Teores de cobre extraídos pela extração sequencial das amostras de Pepino (a) e Abobrinha (b) cultivadas em sistemas orgânico e convencional.

Ao avaliar o teor de cobre disponível (figura 2), observou-se que as amostras de abobrinha e quiabo convencionais apresentaram maiores teores de cobre disponível, cerca de 67,5 e 75,0% respectivamente. No entanto, as mesmas amostras de cultivo orgânico, os percentuais de disponibilidade de cobre foram: 42,1 e 70,0%, respectivamente. Nota-se que na abobrinha orgânica, cerca de 58,9% de cobre encontra-se preferencialmente associado à fração residual, o que indica baixa disponibilidade e capacidade para

suplementar cobre aos organismos vivos.

Os resultados acima descritos possibilitam descrever a absorção de um determinado mineral em uma dose total ingerida. Franco (2001) afirma que a quantidade de mineral absorvida e utilizada varia de acordo com a dose total ingerida e o percentual de biodisponibilidade. Sendo assim, de acordo com a tabela 3, pode-se perceber que a abobrinha e o quiabo convencionais apresentam maior possibilidade de suplementar ferro em uma alimentação, pois o teor absorvido seria em torno de 7,8 e 8,0 mg,

respectivamente. Comparando os dois sistemas de produção, percebeu-se que as hortaliças convencionais apresentam teor de ferro disponível, para ser absorvido, superior ao encontrado nas hortaliças de sistema orgânico,

o que indica que o sistema de cultivo também possui potencial para influenciar na disponibilidade do mineral presente nas hortaliças.

**Tabela 3-** Teores de ferro (III) possíveis de serem absorvidos pelos organismos vivos

Fonte	Dose total Ingerida mg/100g de Fe <sup>3+</sup>	Teor Biodisponível %	Teor total Absorvido (mg)
Abobrinha Orgânica	6,0	88,0	5,2
Abobrinha Convencional	8,4	94,0	7,8
Pepino Orgânico	8,5	91,0	7,7
Pepino Convencional	9,0	93,0	8,3

O quiabo convencional apresentou-se com elevado teor de cobre disponível, fato esse que o torna como fonte viável de suplementação desse mineral. A abobrinha orgânica apresentou baixo teor biodisponível de cobre, e conseqüentemente o menor teor de cobre possível de ser

absorvido (tabela 4). Além disso, pode-se ressaltar que os possíveis teores absorvidos encontrados nas hortaliças avaliadas, não representam riscos de gerar intoxicação por cobre aos organismos vivos.

**Tabela 4-** Teores de Cu<sup>2+</sup> possíveis de serem absorvidos pelos organismos vivos.

Fonte	Dose total Ingerida mg/100g de Cu <sup>2+</sup>	Teor Biodisponível %	Teor total Absorvido (mg)
Abobrinha Orgânica	0,2	42,1	0,08
Abobrinha Convencional	0,1	67,5	0,1
Pepino Orgânico	0,2	66,0	0,1
Pepino Convencional	0,2	72,0	0,1

Ao comparar os percentuais de cobre biodisponível entre os dois sistemas, nota-se que foram maiores nas amostras de cultivo convencional indicando assim que as hortaliças desse sistema possuem maiores possibilidades de suplementar essa espécie metálica em uma alimentação.

#### AGRADECIMENTOS

À FAPEMA- Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão pela concessão de bolsa de iniciação científica ao primeiro autor durante sua graduação.

#### CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

1. Todas as hortaliças orgânicas e convencionais apresentam-se como fontes seguras para a suplementação de ferro ao organismo humano segundo a Organização Mundial de Saúde;
2. O pepino e a abobrinha de sistema convencional apresentaram maiores teores de ferro biodisponível;
3. A abobrinha convencional apresenta baixo teor de cobre biodisponível, o que indica haver baixa disponibilidade desse mineral aos organismos vivos;
4. O sistema de cultivo também possui potencial para influenciar na disponibilidade do mineral presente nas hortaliças.

#### REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E.C. B.; TEODORO, A.J.; TAKASE, I. Determinação dos teores de zinco em diferentes extratos de hortaliças dos tipos A e B. **Revista Ciência e Tecnologia de alimentos**, v.24: n.2°, p.399-412, 2005 (a).
- ANDRADE, E. C. B DE; ALVES, S. P.; TAKASE, I. Extração Sequencial de cobre, ferro, e zinco em ervas medicinais. **Revista Ciência e Tecnologia de alimentos**, v.25: n.4, p.844-848, 2005 (b).
- POLL, H.; VENCATO, A. Z.; KIST, B. B.; CARVALHO, C. de; REETZ, E. R.; Anuário brasileiro de hortaliças 2012. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2012, 88p.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. da S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.13, n.2: p.64-75, 2006.
- DECHEN, E. J.; NACHTIGALL, G. R. N. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2006, cap. 13, p. 328- 354.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos,

plantas e fertilizantes. Editor técnico: Fábio Cesar da Silva, 2º ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2009. 627 p.

FRANCO, G. Tabela de Composição de Alimentos. São Paulo: Editora Atheneu, 9. ed, 2001.

NEPA/UNICAMP- Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação/Universidade Estadual de Campinas. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-TACO. 4ª edição, rev. e apli. Campinas: Nepa/Unicamp, 2011, 164 p.

WHO–WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines on food fortification with micronutrients. WHO/FAO. 2006. 376 p. Disponível em: <http://www.who.int/nutrition/> Acesso em: 10 nov. 2012.

SILVA, C. S.; NUNES, P. O.; MESCOUTO, C. S. T.; Muller, R. C. S.; Palheta, D. C.; Fernandes, K. G. Avaliação do uso da casca do fruto e das folhas de *Caesalpinia férra* Martius como suplemento nutricional de Fe, Mn e Zn. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 30, n.3, p. 751-754, 2010.

KELLER, C.; VÉDY, J. C. Distribution of cadmium fractions in two forest soils. **Journal of Environmental Quality**, v.23, p.987-999, 1994.

NASCIMENTO, B. L. M.; SILVA, L. D.; OLIVEIRA, J. D. de. Quantificação de Ferro e Cobre em Olerícolas oriundas de sistema orgânico e convencional. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.8, n.4, p 49-54, 2012

LI, J.; LU, Y.; SHIM, H.; DENG, X.; LIAN, J.; JIA, Z.; LI, J. Use of the BCR sequential extraction procedure for the study of metal availability to plants. **J. Environ. Monit.**, v.12, 466–471, 2010.