

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE FARMÁCIA

VALÉRIA DA SILVA PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, CAROTENOIDES  
TOTAIS E ELEMENTOS-TRAÇO EM CENOURA (*Daucus  
carota L.*) E TOMATE (*Lycopersicon esculentum*)  
ORGÂNICO E CONVENCIONAL**

Belo Horizonte  
2014

VALÉRIA DA SILVA PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, CAROTENOIDES  
TOTAIS E ELEMENTOS-TRAÇO EM CENOURA (*Daucus  
carota L.*) E TOMATE (*Lycopersicon esculentum*)  
ORGÂNICO E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Raquel Linhares Bello de Araújo

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup> Eliana Aparecida Nonato Knupp

**Belo Horizonte  
2014**

P436c Pereira, Valéria da Silva  
Caracterização físico-química, carotenoides totais e elementos traço em cenoura (*Daucus carota L.*) e tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico e convencional / Valéria da Silva Pereira. 2014. 117f. : Il.

Orientadora: Raquel Linhares Bello de Araújo  
Coorientadora: Eliana Aparecida Nonato Knupp  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos.

1. Carotenoides - Teses. 2. Cenoura - Teses. 3. Tomate - Teses. 4. Hortaliças - Teses. 5. Alimentos - Qualidade – Teses. I. Araújo, Raquel Linhares Bello de. II. Knupp, Eliana Aparecida Nonato. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de Farmácia. IV. Título.

CDD 635



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Faculdade de Farmácia  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS - PPGCA

VALÉRIA DA SILVA PEREIRA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, CARATENOIDES TOTAIS E  
ELEMENTOS TRAÇOS EM CENOURA (*Daucus carota* L.) E TOMATES  
(*Lycopersicon esculentum*) ORGÂNICO E CONVENCIONAL

TESE APROVADA EM 23 DE DEZEMBRO DE 2014

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. ELIANA APARECIDA NONATO KNUPP  
Coorientadora

Prof. Dr. RODRIGO DA MATA MACHADO

Profa. Dra. RAQUEL LINHARES BELLO DE ARAÚJO  
Orientadora e Presidente da Comissão

Profa. Dra. SCHELLA VITORINO CARVALHO DE SOUZA FERREIRA

“Não reclame, nem se faça de vítima. Antes de tudo, analisa e observa.

Façamos a nossa parte o melhor que pudermos, sem  
esmorecimento, e confiemos em Deus, aproveitando cada  
segundo, cada minuto, que por certo ... também passarão.”

Chico Xavier

“Desfaze-te da vaidade triste de falar.

Pensa, completamente silencioso,

Até a glória de ficar silencioso,

Sem pensar.”

Cecília Meireles

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e por todas as oportunidades dela advindas, por me dar força e me guiar nos momentos difíceis ao longo desta caminhada.

A meu pai, que infelizmente não está mais conosco em sua presença física, mas nos acompanha nas lembranças e espiritualmente. Agradeço por ensinar a transformar a dor em força interior, ensinamento importante para eu prosseguir caminhando. Obrigada por ter me concedido a vida!

A minha família, minha mãe, meus irmãos e cunhado pela companhia que nos traz conforto e pelo ambiente familiar tranquilo. A minha sobrinha Letícia, por ter renovado a alegria em nossa família.

Ao Matheus pela companhia, amor e incentivo para realizar este trabalho.

A minha orientadora Profa. Dra. Raquel Linhares Bello de Araújo por aceitar a orientação, pela paciência, dedicação, amizade, compreensão, pelos conhecimentos transmitidos e confiança depositada na realização deste trabalho, muito obrigada!

A Dra. Eliana Aparecida Nonato por aceitar a coorientação, pela dedicação, pelo entusiasmo e por disponibilizar seu tempo para nos ajudar com a execução das análises, muito obrigada!

A Dra Scheilla Vitorino Carvalho pela presteza em ajudar, por disponibilizar seu tempo, por transmitir seus conhecimentos sempre com muita segurança, de forma didática e por nos conceder o empréstimo de inúmeros materiais e equipamentos do laboratório de Bromatologia/ALM/FAFAR, muito obrigada!

Aos amigos e colegas do laboratório de Química de Alimentos e Bromatologia/ALM/FAFAR, Aline, Bianca, Cintia, Maria Emília, Verena, Carina, Fernanda pelas inúmeras ajudas, conversas, almoços e pela simples companhia no silêncio e concentração do trabalho do laboratório o que nos conforta. Agradeço em especial, a Aline Barreto, pela companhia para estudo, pelas conversas e palavras de apoio.

Aos funcionários do laboratório de Bromatologia/ALM/FAFAR, Marcos e Ronália, por toda ajuda, pela alegria, pela companhia para almoço, foi muito bom conhecer vocês!

Ao professor Rodrigo da Matta pela possibilidade de participar de suas aulas de agroecologia e visitas técnicas.

A professora Dra Renata Adriana Labanca e a equipe do Laboratório de Nutrição Experimental, as equipes do Laboratório de Microbiologia e Tecnologia de alimentos da ALM/FAFAR; a professora Josianne Nicácio e a equipe do laboratório de Toxicologia Ocupacional da ACT/FAFAR que ajudaram e disponibilizaram o empréstimo de materiais e equipamentos para a realização deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos que contribuíram muito na minha formação acadêmica, pela oportunidade de crescimento e aprendizado. Ao Coordenador do PPGCA Professor Dr. Roberto Gonçalves Junqueira.

À funcionária do PPGCA, Úrsula, pelo apoio e auxílio em todos os assuntos administrativos.

Aos membros da banca, pela prontidão, gentileza, correções e sugestões.

Ao Núcleo Cultural Manu por proporcionar a busca e mostrar o caminho para encontrar o equilíbrio da mente, corpo e espírito, agradeço imensamente!

Ao CNPq pela bolsa de estudos.

Aos agricultores/as familiares Edvan e Elizania Barbosa da Fazenda Monjolos de Capim Branco-MG e Valéria Antônia Silva do Assentamento das pastorinhas – Brumadinho-MG por concederem as amostras, pela receptividade e abertura para responder aos questionamentos. Obrigada!

## RESUMO

Programas de inserção de hortaliças orgânicas na alimentação escolar produzidas por agricultores familiares têm sido implementados no Brasil como estratégia de Segurança Alimentar e Nutricional e de desenvolvimento local sustentável. Alimentos cultivados nos diferentes sistemas de produção agrícola, convencional e orgânico, podem apresentar diferenças quantitativas e variações na sua composição química. Desta forma, este trabalho teve como objetivo comparar a composição físico química, determinar os teores de carotenoides totais e elementos traço das amostras de cenoura (*Daucus carota*) e tomate (*Lycopersicon esculentum*), orgânicas e convencionais. As amostras orgânicas foram adquiridas diretamente de agricultores familiares sendo provenientes do município de Capim Branco - Minas Gerais e as convencionais foram adquiridas no entreposto da CEASA/MG em BH. Foi realizada uma caracterização físico-química empregando-se métodos oficiais, sendo analisado pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, relação °Brix/Acidez, açúcares redutores, não redutores e totais e composição centesimal da amostra (umidade, proteínas, lipídeos, cinzas totais, minerais, fibra dietética e carboidratos por diferença). Elementos traço e carotenoides totais, estes últimos somente para a matriz cenoura, foram determinados por espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado e espectrofotometria no ultra-violeta, respectivamente, empregando métodos devidamente validados. Comprovou-se pelos parâmetros de desempenho estudados, adequação para uso do método espectrofotométrico na quantificação de carotenoides totais em cenoura. As amostras orgânicas de cenoura e tomate apresentaram pH mais elevado, menor acidez e quantidade mais elevada de açúcares totais do que as convencionais ( $p < 0,05$ ), indicando um melhor perfil sensorial dos produtos orgânicos. Em relação à composição centesimal não houve diferença significativa para os produtos dos diferentes sistemas de produção ( $p > 0,05$ ), com exceção da umidade em cenoura e tomate e cinzas somente para cenoura ( $p < 0,05$ ). Em relação aos elementos traço, diferenças nos teores de As e Cd foram identificadas apenas nas amostras convencionais, devido provavelmente, ao uso de agrotóxicos e fertilizantes fosfatados; por outro lado, maiores teores de zinco foram identificados nas olerícolas orgânicas. A cenoura orgânica apresentou um maior teor de Mn ( $p < 0,05$ ) e o tomate orgânico um maior teor de Cobre. Não foi observada diferença no teor de carotenoides totais em cenoura orgânica e

convencional ( $p > 0,05$ ). A somatória dos resultados observados não permitiu comprovar se os diferentes sistemas de produção interferem na qualidade nutricional das olerícolas. No entanto, devido ao maior valor de pH, acidez reduzida e maior teor de açúcares, identificados na cenoura e tomate de produção orgânica, pode-se inferir que essas hortaliças provavelmente, apresentam gosto mais agradável e bem aceito pela população.

Palavras-Chave: Cenoura. Tomate. Composição centesimal. ICP-MS. Carotenoides. Validação.

## ABSTRACT

Organic leafy vegetables insertion programs in the school nutrition produced by family farms have been implemented in Brazil as a strategy of nutrition security and nourishment and sustainable local development. Food raised in different systems of agricultural production, conventional and organic, can present differences in quantity and variations in their chemical composition. In this way, this work aims to compare the physio-chemical composition, to determine the the proportion of total carotenoids and the trace elements of samples of carrots (*Daucus carota*) and tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), organic and conventional. The organic samples were acquired from family farms from Capim Branco-MG and the conventional were acquired in CEASA/MG. It was developed a physio-chemical characterization using official methods, it was analyzed pH, titratable acidity, total soluble solids, relationship Brix / acidity, reducing sugars, non-reducing and total and chemical composition of the sample (moisture, protein, lipid, total ash, minerals, dietary fiber and carbohydrates by difference). Trace elements and total carotenoids, the last one just in the carrot matrix, were determined by mass spectrometry with inductively coupled plasma and ultraviolet spectrophotometry, using validated methods. It was proved, by parameters of performance studied, that this method is suitable for the spectrophotometric method in quantifying total carotenoids in carrot. The organic samples of carrots and tomatoes showed high levels of pH and total sugar proportions, and less acidity when compared to inorganic ( $p < 0,05$ ), indicating a better sensory profile of organic products. In relation to their composition there was no considerable difference to the products from different production systems ( $p > 0,05$ ), with the exception of moisture in carrots and tomatoes and ashes only to carrots ( $p < 0,05$ ). In respect to the trace elements, differences in As and Cd contents were identified only in conventional samples, due to, probably, the use of pesticides and phosphate fertilizers; on the other hand, higher levels of zinc were identified in organic vegetable crops. The organic carrot presented a higher Mn content and tomato greater copper content. It was not noticed difference in the proportion of total carotenoids in organic carrot and conventional ( $p > 0,05$ ). The sum of the observed results allowed not establishes if the different production systems influence the nutritional quality of vegetable crops. However, due to high pH value, less acidity and an increased proportion of sugar identified in organic production

carrot and tomato, it can be inferred that those leafy vegetables are probably more tasteful and well accepted by the population.

Key-Words: Carrot. Tomato. Centesimal Composition. ICP-MS. Carotenoids. Validation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura Química Carotenoides .....	44
Figura 2 – Amostra Cenoura Orgânica Cultivar Brasília.....	63
Figura 3 – Amostra Cenoura Convencional Cultivar Brasília.....	63
Figura 4 – Amostra Tomate Orgânico Cultivar Santa Clara .....	64
Figura 5 – Amostra Tomate Convencional Cultivar Santa Clara .....	64
Figura 6 - Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado com o sistema ELAN DRC-e e o amostrador automático AS 10 – Perkin Elmer SCIEX do Laboratório de Espectrometria de Massa.....	69
Figura 7 - Comparação do limite máximo tolerado de cromo preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de cenoura orgânica e convencional e tomate orgânico e convencional analisada .....	85
Figura 8 - Comparação do limite máximo tolerado de níquel preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de cenoura e tomates analisadas .....	85
Figura 9 - Comparação do nível máximo de Cádmio preconizado pelo Codex Alimentarius com os teores máximos encontrados nas amostras de tomate analisadas .....	86
Figura 10 - Comparação do nível máximo de Cádmio preconizado pelo Codex Alimentarius com os teores máximos encontrados nas amostras de cenoura analisadas .....	86
Figura 11 - Comparação do nível máximo de Chumbo preconizado pelo Codex Alimentarius com os teores máximos encontrados nas amostras de cenoura e tomate analisadas .....	87

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição Nutricional em 100 gramas de Cenoura Crua .....	39
Tabela 2 – Composição Nutricional em 100 gramas de Tomate Cru .....	41
Tabela 3 – Parâmetros e condições instrumentais do ICP-MS ELAN DRC-e .....	68
Tabela 4 – Parâmetros de digestão em forno micro-ondas para amostras de hortaliças .....	70
Tabela 5 - Caracterização físico química de cenoura ( <i>Daucus carota L</i> ) e tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ) orgânico e convencional (Base úmida).....	73
Tabela 6 - Composição centesimal de cenoura ( <i>Daucus carota L</i> ) e tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ) em base úmida. Quantidade por 100g de amostra.....	78
Tabela 7 - Avaliação dos pressupostos de regressão para as curvas de calibração de padrão multielementar - Avaliação da linearidade.....	82
Tabela 8 - Porcentagem de recuperação de cromo, manganês, níquel, cobre, zinco, arsênio, cádmio, chumbo, urânio e selênio no material padrão de referência certificado DC73350 após digestão em forno de micro-ondas .....	83
Tabela 9 - Teores médios em mg/Kg (em base seca) dos elementos traços de tomate e cenoura orgânico e convencional .....	84
Tabela 10 - Avaliação da linearidade para a curva de $\beta$ -caroteno (1,2 $\mu\text{g/mL}$ a 4,2 $\mu\text{g/mL}$ ) em solvente .....	91
Tabela 11 - Médias de recuperação aparente e desvios padrão relativos, sob condições de repetitividade e reprodutibilidade parcial, obtidos para amostras de cenoura adicionadas de $\beta$ -caroteno em diferentes níveis de concentração.....	91

## LISTA DE ABREVIATURAS

AOAC	- Association of Official Analytical Chemists
ATT	- Acidez Total Titulável
CDTN	- Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear
CEASA-MG	- Central de Abastecimento de Minas Gerais
CLAE	- Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CONSEA	- Conselho Nacional de Segurança Alimentar
DCNT	- Doenças Crônicas não Transmissíveis
DHAA	- Direito Humano à Alimentação Adequada
DNS	- ácido 3,5-Dinitrosalicílico
DPRr	- Desvio Padrão relativo de repetitividade
DPRR	- Desvio Padrão relativo de precisão intermediária
DRI	- Dietary Reference Intaki
FNDE	- Fundo Nacional de Desenvolvimento ao Escolar
IAL	- Instituto Adolfo Lutz
IBD	- Instituto Biodinâmico
ICP- MS	- Espectrômetro de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado
IFOAM	- International Federation of Organic Agriculture Movements
GFAAS	- Espectrometria Absorção Atômica em Forno de Grafite
GHAAS	- Espectrometria de Absorção Atômica com Geração de Hidretos
LOSAN	- Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional
LD	- Limite de Detecção
LMT	- Limite Máximo Tolerável
LQ	- Limite de Quantificação
MAPA	- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MMQO	- Método dos Mínimos Quadrados Ordinários
MRC	- Material de Referência Certificado
NMC	- Níveis Máximos de Contaminantes
OCS	- Organização de Controle Social
OMS	- Organização Mundial da Saúde
PA	- Padrão Analítico
PARA	- Programa de Análise de Resíduos tóxicos
PNAE	- Programa Nacional de Alimentação Escolar
POF	- Pesquisa de Orçamentos Familiares
SAN	- Segurança Alimentar e Nutricional
SERTA	- Serviço de Reator e Técnicas Analíticas
SISAN	- Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional
SS	- Sólidos Solúveis

**LISTA DE ABREVIATURAS (continuação)**

TACO	- Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
THF	- Tetrahydrofurano
UI	- Unidades Internacionais
UPAA	- Unidade de Pesquisa e Análise de Alimentos
WHO	- World Health Organization

## SUMÁRIO

ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE ABREVIATURAS.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1 Programa Nacional de Alimentação Escolar.....	23
2.2 Segurança Alimentar.....	25
2.3 Agricultura Familiar.....	26
2.4 Agroecologia e Sustentabilidade.....	27
2.5 Sistema Orgânico de Produção Agrícola.....	28
2.6 Sistema Convencional de Produção Agrícola.....	32
2.7 Alimentação Saudável.....	34
2.8 Frutas e Hortaliças e a Promoção da Saúde.....	36
2.9 Compostos Bioativos.....	37
2.10 Cenoura.....	38
2.11 Tomate.....	40
2.12 Carotenoides.....	43
2.12.1 Métodos Analíticos para Determinação de Carotenoides.....	47
2.13 Elementos traço.....	50
2.13.1 Arsênio.....	51
2.13.2 Cádmio.....	51
2.13.3 Chumbo.....	52
2.13.4 Níquel.....	53
2.13.5 Manganês.....	53
2.13.6 Zinco.....	54
2.13.7 Cobre.....	54
2.13.8 Cromo.....	55
2.13.9 Selênio.....	55
2.13.10 Urânio.....	56
2.13.11 Métodos Analíticos para Determinação de Elementos-traço.....	56
2.14 Validação de Metodologia Analítica.....	59
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	62
3.1 Material.....	62
3.1.1 Delineamento experimental.....	62
3.2 Métodos.....	64
3.2.1 Caracterização físico-química.....	64
3.2.2 Composição Química da Amostra.....	66
3.2.3 Análise de elementos traço.....	67

3.2.4 Análise de carotenoides totais.....	71
3.3 Análise Estatística dos dados .....	73
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	73
4.1 Caracterização Físico-Química .....	73
4.2 Caracterização Química.....	78
4.3 Resultados dos teores de elementos traço em cenoura e tomate orgânico e convencional .....	80
4.3.1 Avaliação de desempenho do método .....	80
4.3.2 Teores de elementos traço em cenoura e tomate orgânico e convencional .....	84
4.4 Resultados dos teores de Carotenoides totais em cenoura .....	90
4.4.1 Avaliação de desempenho do método .....	90
4.5 Determinação de carotenoides totais em cenoura .....	92
5 CONCLUSÃO .....	94
REFERÊNCIAS.....	96

## 1 INTRODUÇÃO

Os hábitos saudáveis de vida, compreendendo as práticas alimentares adequadas e atividades físicas são estabelecidas na infância, a partir de relações sociais entre os membros da família e da comunidade nos diferentes espaços de convivência, destacando-se a escola como local privilegiado para a realização de ações educativas relacionadas à qualidade de vida, saúde e nutrição (DANELON, 2007). Destaca-se neste ambiente o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), concebido com o propósito de reduzir a evasão escolar e favorecer a formação de bons hábitos alimentares em crianças e adolescentes, visando à segurança alimentar e nutricional (WEIS; CHAIM; BELIK, 2004).

A alimentação escolar é um direito garantido pela Constituição Federal de 1988 e pela Lei Federal nº 11.947/2009, sendo que esta última estabelece que 30% do total dos recursos repassados do Fundo Nacional de Desenvolvimento Escolar (FNDE) para os Estados e Municípios deverão ser utilizados na aquisição de gêneros alimentícios produzidos pela Agricultura Familiar e do empreendedor Familiar Rural, priorizando, sempre que possível, os alimentos orgânicos e/ou agroecológicos (BRASIL, 2009a).

A vinculação do PNAE à Agricultura Familiar é uma iniciativa que promove e garante o Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA), permitindo chegar às escolas alimentos nutritivos produzidos localmente e, portanto mais frescos e saudáveis, além de seguros quanto a resíduos químicos e riscos sanitários. Esta ação garante um mercado local, possibilitando a geração de renda continuada aos agricultores e ainda fortalece os circuitos locais da produção de alimentos (AÇÃO BRASILEIRA PELA NUTRIÇÃO E DIREITOS HUMANOS, 2012). Dentre os produtos cultivados por agricultores familiares utilizados na alimentação escolar, destaca-se as olerícolas.

As frutas e hortaliças são excelentes fontes de vitaminas, minerais, macronutrientes e outros compostos não nutrientes conhecidos como fitoquímicos (CARDOSO *et al.*, 2011). Compostos bioativos ou fitoquímicos são metabolitos secundários de plantas, e estão relacionados com os sistemas de defesa das plantas contra radiação ultravioleta ou as agressões de insetos ou patógenos, além de atrair agentes polinizadores (HORST; LAJOLO, 2007).

Os fitoquímicos são considerados substâncias capazes de modificar o metabolismo de maneira favorável à prevenção do câncer e outras doenças degenerativas se ingeridos diariamente (ANJO, 2004). O aumento das enfermidades crônicas e degenerativas vem se tornando um dos principais problemas de saúde pública nos países desenvolvidos e em desenvolvimento, o que tem elevado o interesse da ciência em descobrir fatores preventivos desses processos (COSTA; ROSA, 2006).

O tomate e a cenoura são alimentos muito consumidos no Brasil, destacando-se na dieta humana, tanto no consumo *in natura* ou compondo a preparação de uma variedade de produtos (SOUZA *et al.*, 2013; SUAREZ; RODRÍGUEZ; ROMERO, 2007); são rotineiramente ofertadas ao público escolar na forma de saladas cruas. Esses possuem respectivamente, elevado teor de licopeno e  $\beta$ -caroteno, o precursor da vitamina A, ambos compostos bioativos denominados carotenoides (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Os carotenoides são fitoquímicos que além de exercerem ação de corantes naturais, desempenham um importante papel como antioxidante, atuando na redução do risco de doenças degenerativas. São pigmentos naturais sintetizados pelas plantas e alguns micro-organismos e exercem atividade pró-vitamina A, o que os torna de extrema importância considerando que a deficiência de vitamina A é um dos principais problemas nutricionais de populações de países em desenvolvimento (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

A cenoura (*Daucus carota* L.) é a quinta olerícola cultivada no Brasil em ordem de importância econômica (SOUZA *et al.*, 2013). Segundo a Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) do período de 2008-2009, a aquisição alimentar domiciliar per capita anual no Brasil de cenoura foi de 1,55 kg e na região sudeste 1,7 kg. A cenoura é a terceira colocada no grupo das hortaliças tuberosas mais consumidas, perdendo apenas para batata e mandioca (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011).

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) constitui uma das principais olerícolas<sup>1</sup> cultivadas no Brasil e a segunda cultivada no mundo, sendo superada apenas pela batata em produção (SILVA *et al.*, 2012). O tomate é citado como um dos produtos

---

<sup>1</sup> Olerícolas, também conhecidas como hortaliças, é um ramo da horticultura que abrange o estudo da produção das culturas oleráceas que possuem consistência tenra, não lenhosa e ciclo curto. Os termos verduras, legumes, hortifrutigranjeiros são mais populares, mas inadequados e incorretos (FILGUEIRA, 2007).

alimentares tradicionalmente presentes no cardápio das famílias brasileiras, sendo a hortaliça mais consumida do grupo das hortaliças frutosas, apresentando uma aquisição alimentar domiciliar per capita anual no Brasil de 4,9 kg e 4,6 kg na região sudeste (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA, 2011).

As condições de cultivo têm influência direta nas características dos produtos hortícolas na fase pós-colheita. As estruturas anatômicas e morfológicas, a composição química, a aparência e outros atributos de qualidade são uma função não apenas dos fatores genéticos e ambientais, mas também, das condições de cultivo. Entre as práticas de cultivo, a nutrição mineral dos vegetais apresenta principal importância, proporcionando aumento da produtividade e influenciando a qualidade dos produtos. O estudo dos minerais nos alimentos e de seu papel na nutrição é de grande importância, considerando-se que esses compostos encontram-se em equilíbrio dinâmico nos tecidos animais e vegetais. As frutas e hortaliças apresentam teor relativamente elevado de minerais, principalmente, cálcio fósforo e ferro (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Em um solo bem balanceado, encontram-se os minerais essenciais dissolvidos em água, necessários ao desenvolvimento normal do vegetal. Entre eles salientam-se o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. A deficiência de qualquer um deles pode afetar a qualidade nutricional e sensorial dos frutos e vegetais. Por exemplo, a textura é influenciada pelo teor de minerais, notadamente pelo cálcio, nitrogênio, fósforo e potássio. O uso de nitrogênio, melhora a qualidade do tomate, entretanto doses elevadas reduz o tamanho, cor e sabor do fruto, em virtude da diminuição do teor de sólidos solúveis no suco e aumento da acidez titulável. (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A crescente demanda por hortaliças de qualidade tem contribuído para o investimento em novos sistemas de cultivo, visto que o convencional, ao buscar o aumento de produtividade, utiliza grandes quantidades de insumos agroquímicos, referenciados como fonte de problemas ambientais e para a saúde humana (BORGUINI; SILVA, 2007). Em decorrência ao aumento de problemas de degradação ambiental, cresce a demanda por práticas alternativas ecologicamente equilibradas que almejam a sustentabilidade do sistema de produção agrícola (ASSIS; ROMEIRO, 2002).

O Guia Alimentar para População Brasileira recomenda o consumo de alimentos orgânicos como uma prática saudável de alimentação. Em adição, o modo

de produção de alimentos orgânicos vem ao encontro do conceito de Segurança Alimentar e Nutricional adotado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) ao destacar que as práticas alimentares promotoras de saúde devem ser social, econômica e ambientalmente sustentáveis (ABRANDH, 2005).

A qualidade nutricional das olerícolas produzidas pelo sistema orgânico e convencional é geralmente comparada em termos de macronutrientes, vitaminas e, principalmente, minerais. Segundo Bourn e Prescott (2002), a ampla gama de fatores que podem afetar a composição dos alimentos (genéticos, práticas agrônômicas, clima e condições de pós-colheita) fazem com que as pesquisas sobre o valor nutricional de alimentos, produzidos orgânica e convencionalmente, tornem-se difíceis de serem estabelecidas e seus resultados interpretados de forma consistente. No entanto, devido ao crescente interesse pelo tema e ao aumento da produção e do consumo de alimentos orgânicos, maior número de pesquisas deve ser implementado neste sentido.

Em um estudo realizado por Asami *et al.* (2003), ficou demonstrado que as plantas cultivadas no modelo orgânico, produziram mais compostos fitoquímicos constituintes do seu próprio sistema de defesa, tais processos foram devido a mobilização do sistema imunológico das plantas para se defender de pragas e condições adversas. Por outro lado, no caso das práticas agrícolas convencionais, por utilizarem agrotóxicos e fertilizantes, estes interferem na produção natural de metabólitos secundários das plantas (ASAMI *et al.*, 2003).

Desta forma, sugere-se o desenvolvimento de técnicas analíticas adequadas para que seja realizada a determinação criteriosa do conteúdo de nutrientes e compostos bioativos presentes nas hortaliças, tendo em vista que as práticas agrícolas podem afetar a composição química destes alimentos (LEE; KADER, 2000).

Assim, este trabalho teve como objetivo geral avaliar a interferência do sistema de produção agrícola (orgânico e convencional) na qualidade nutricional de duas olerícolas, cenoura e tomate, consumidas na alimentação escolar. Neste sentido os objetivos específicos foram:

- a) determinar a composição físico-química da cenoura e tomate orgânico e convencional;

- b) quantificar os elementos traço cromo, manganês, cobre, zinco, níquel, arsênio, cádmio, chumbo, urânio e selênio presentes nas amostras estudadas, empregando-se o espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP- MS) em cenoura e tomate orgânico e convencional;
- c) validar o método espectrofotométrico de análise de carotenoides totais em cenoura;
- d) determinar o teor de carotenoides totais da cenoura orgânica e convencional.
- e) Avaliar o efeito do sistema de cultivo nas características físico-químicas, carotenoides totais e elementos traço de cenoura e tomate.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Programa Nacional de Alimentação Escolar**

O Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) destaca-se por ser o maior programa de alimentação em atividade no Brasil, tendo como objetivo atender as necessidades nutricionais dos alunos durante sua permanência em sala de aula, contribuindo para o crescimento, o desenvolvimento, a aprendizagem e o rendimento escolar dos estudantes (BRASIL, 2013). Vigorando há mais de cinquenta anos, atende aos alunos matriculados na educação básica das redes públicas federal, estadual, do Distrito Federal e municipal, inclusive as escolas localizadas em áreas indígenas e em áreas remanescentes de quilombos (BRASIL, 2009). É, portanto, o programa social da área da alimentação e nutrição com objetivos no campo da segurança alimentar e nutricional com mais longa história no Brasil (CONFERÊNCIA ESTADUAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS, 2010).

O PNAE foi criado oficialmente em 1954, pelo Ministério da Saúde, e depois transferido em 1955, para o Ministério da Educação e Cultura, quando foi criada a Campanha Nacional de Alimentação Escolar, marco da oficialização de um Programa que já era realizado, na verdade, desde a década de 30, com a oferta de alimentos doados por organismos internacionais às crianças carentes (TURPIN, 2008).

Desde sua criação até 1993, a execução do Programa deu-se de forma centralizada, ou seja, a compra e a distribuição de alimentos eram feitas pelo órgão nacional. O órgão gerenciador planejava os cardápios, adquiria os gêneros por processo licitatório, contratava laboratórios especializados para efetuar o controle de qualidade e, ainda, responsabilizava-se pela distribuição dos alimentos em todo território nacional (WEIS; CHAIM; BELIK, 2004).

Em 1994, foi instituída a descentralização dos recursos e conseqüentemente a compra (por cada unidade federativa, estados e municípios) de alimentos para execução do PNAE. O governo federal passou então a transferir recursos financeiros aos estados e, progressivamente, aos municípios para compra local da alimentação escolar (CARVALHO, 2009). O processo de municipalização permitiu maior adaptação dos cardápios à realidade cultural local; ampliou a possibilidade do

consumo de frutas, hortaliças frescas, no lugar dos alimentos industrializados formulados que integravam os cardápios anteriormente; favoreceu o desenvolvimento de atividades de promoção à saúde (TURPIN, 2008).

O PNAE sob a responsabilidade do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE/MEC) tem como objetivo principal contribuir para o crescimento e o desenvolvimento biopsicossocial, a aprendizagem, o rendimento escolar e a formação de hábitos alimentares saudáveis dos alunos. Esse será atingido por meio de ações de educação alimentar e nutricional e da oferta de refeições que cubram as necessidades nutricionais dos alunos durante o período letivo, no mínimo 20% das necessidades nutricionais diárias, dos alunos matriculados em sistema público de ensino no período parcial (BRASIL, 2013).

Como diretrizes, o PNAE propõe o emprego da alimentação saudável e adequada que compreende o uso de alimentos variados; seguros (segurança dos alimentos quanto a resíduos químicos e riscos sanitários), que respeitem a cultura, as tradições e os hábitos alimentares saudáveis, contribuindo para o crescimento e o desenvolvimento dos alunos e para a melhoria do rendimento escolar; o apoio ao desenvolvimento sustentável, com incentivos para a aquisição de gêneros alimentícios diversificados, produzidos em âmbito local e preferencialmente pela agricultura familiar e pelos empreendedores familiares (BRASIL, 2009a).

Conforme o artigo 14 da Lei Federal nº 11.947/2009, do total dos recursos financeiros repassados pelo FNDE, no âmbito do PNAE, no mínimo 30% (trinta por cento) deverá ser utilizado na aquisição de gêneros alimentícios diretamente da agricultura familiar e do empreendedor familiar rural ou suas organizações, priorizando os assentamentos da reforma agrária, as comunidades tradicionais indígenas e comunidades quilombolas, o que estimula o desenvolvimento econômico das comunidades (BRASIL, 2009a).

Segundo a Resolução do Fundo Nacional de Desenvolvimento do Escolar (FNDE) nº 26/2013, os produtos da Agricultura e dos Empreendedores Familiares Rurais a serem oferecidos para Alimentação Escolar serão obrigatoriamente gêneros alimentícios, priorizando, sempre que possível, os alimentos orgânicos e/ou agroecológicos (BRASIL, 2013).

## 2.2 Segurança Alimentar

A segurança alimentar implica na necessidade de produção de alimentos em quantidade, em qualidade e em regularidade. Assim, a oferta de alimentos na quantidade necessária de forma permanente requer uma agricultura ambientalmente sustentável e capaz de produzir com qualidade, garantindo uma alimentação saudável (CAPORAL; COSTABEBER, 2006).

O conceito de Segurança Alimentar que vem sendo construído no Brasil desde as primeiras referências no âmbito do Ministério da Agricultura, no final de 1985, consolidou-se a partir da II Conferência Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional realizada pelo Conselho Nacional de Segurança Alimentar – CONSEA Nacional em 2004, e tornou-se a Lei Federal nº11.346, de setembro 2006, de Segurança Alimentar e Nutricional (LOSAN):

Art. 3º A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis [...]. (BRASIL, 2006a).

O Estado Brasileiro vem formulando, sobretudo a partir da última década, políticas e programas públicos assentados na concepção da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN). Estas políticas se constituem a partir de dois componentes básicos e inter-relacionados: o componente alimentar, associado à produção, disponibilidade, comercialização e acesso ao alimento; e o componente nutricional, relacionado às práticas alimentares e à qualidade do alimento consumido (AÇÃO BRASILEIRA PELA NUTRIÇÃO E DIREITOS HUMANOS, 2012).

Com base em alguns indicadores da insegurança alimentar, a Lei Federal nº 11.947/2009 apresenta-se como exemplo de motivação de políticas públicas que reconhecem na agricultura familiar, uma forma de garantir a disponibilidade para o acesso a alimentos de qualidade em quantidade suficiente, portanto a base para contribuir para a construção da Segurança Alimentar e Nutricional. Cumprindo o estabelecido no art. 2º, parágrafo 2º na Lei nº 11.346/2006.

§ 2º É dever do poder público respeitar, proteger, promover, prover, informar, monitorar, fiscalizar e avaliar a realização do direito humano à alimentação adequada, bem como garantir os mecanismos para sua exigibilidade [...]. (BRASIL, 2006a).

A inserção de frutas e hortaliças produzidas pela agricultura familiar na alimentação escolar tem sido implementada em escolas municipais e estaduais brasileiras como estratégia de Segurança Alimentar e Nutricional e de desenvolvimento local sustentável (AÇÃO BRASILEIRA PELA NUTRIÇÃO E DIREITOS HUMANOS, 2012).

## 2.3 Agricultura Familiar

A agricultura de base familiar tem sido apontada como mais apropriada ao estabelecimento de modelos de agricultura sustentável, tanto pelas características de maior ocupação de mão-de-obra e de diversificação de culturas, inerentes dessa forma de organização de produção, quanto pela sua maior capacidade de proceder ao redesenho de agroecossistemas mais acordes aos ideais de sustentabilidade (TOLEDO, 2002).

O conceito de Agricultura Familiar, segundo Wanderley (1999), é “aquela em que a família ao mesmo tempo em que é proprietária dos meios de produção, assume o trabalho no estabelecimento produtivo. A Lei Federal nº 11.326 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para formulação da Política Nacional da agricultura familiar define o agricultor familiar como:

[...] aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos requisitos de não deter, a qualquer título, área maior do que quatro módulos fiscais; utilizar predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; ter renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; e dirigir seu estabelecimento ou empreendimento com a sua família. (BRASIL, 2006b).

Na agricultura familiar coexistem os agricultores que produzem muitos produtos, mas em quantidades mínimas, somente para a subsistência, com aqueles que se especializam produzindo poucos ou somente um produto, exclusivamente para o mercado. No Brasil, a agricultura familiar é responsável pela produção de 87% da produção nacional de mandioca, 70% da produção de feijão, 46% do milho,

38% do café, 34% do arroz e 21% do trigo (AÇÃO BRASILEIRA PELA NUTRIÇÃO E DIREITOS HUMANOS, 2012)

Os produtos da agricultura familiar têm sido associados à qualidade de vida, à natureza e aos valores culturais do ambiente rural. Este é um aspecto positivo a ser explorado, produzindo alimentos característicos, tais como: produtos orgânicos, agroecológicos, naturais e sem conservantes (PREZOTTO, 2005).

A vinculação do PNAE à Agricultura Familiar é uma iniciativa que impulsiona alguns objetivos centrais para a promoção e garantia do direito humano à alimentação adequada (DHAA), fazendo chegar às escolas alimentos nutritivos produzidos localmente e, portanto mais frescos e saudáveis; garantindo um mercado local, assegurado pelo poder público municipal, com a possibilidade de gerar renda continuada aos agricultores e ainda fortalecer os circuitos locais da produção de alimentos (AÇÃO BRASILEIRA PELA NUTRIÇÃO E DIREITOS HUMANOS, 2012).

## **2.4 Agroecologia e Sustentabilidade**

A agricultura é uma atividade humana que implica a simplificação da natureza, sendo as monoculturas a expressão máxima desse processo. O resultado final é a produção de um ecossistema artificial que exige constante intervenção humana. Na maioria dos casos, essa intervenção se dá na forma de insumos agroquímicos que, embora elevem a produtividade, acarretam vários custos ambientais e sociais indesejáveis (ALTIERI, 2012).

A segunda metade do século XX foi marcada por uma série de inovações tecnológicas, que maximizaram a produção agrícola, modernizaram os implementos e as técnicas de manejo das lavouras. Entretanto, essa modernização e maximização da produção trouxeram sérios problemas ao homem do campo e ao meio ambiente, pois o uso excessivo e sem critério desse pacote tecnológico da revolução verde, destacando-se a utilização em larga escala de organoclorados, gerou contaminação do solo, do ar e da água, além de grandes desequilíbrios ambientais (FONSECA, 2009).

Ao buscar restabelecer uma racionalidade mais ecológica na produção agrícola, têm-se ignorado um aspecto essencial do desenvolvimento de uma agricultura mais autossuficiente e sustentável: um entendimento mais profundo da natureza dos agroecossistemas e dos princípios por meio dos quais eles funcionam.

Dada essa limitação, a agroecologia disponibiliza os princípios ecológicos básicos sobre como estudar, projetar e manejar agroecossistemas que sejam produtivos e ao mesmo tempo conservem os recursos naturais, assim como sejam culturalmente adaptados e social e economicamente viáveis (ALTIERI, 2012).

Sob uma perspectiva de manejo, o objetivo da agroecologia é proporcionar ambientes equilibrados, rendimentos sustentáveis, fertilidade do solo resultante de processos biológicos e regulação natural das pragas por meio do desenho de agroecossistemas diversificados e do uso de tecnologias de baixo insumos externos (GLIESSMAN apud ALTIERI, 2012).

Um dos aspectos de grande relevância no contexto agroecológico é a sustentabilidade. Uma agricultura sustentável está alicerçada na não liberação de elementos tóxicos ou nocivos na atmosfera, na conservação de águas subterrâneas e superficiais, na restauração e na promoção da saúde do solo, no uso racional dos recursos hídricos, na reutilização de recursos do próprio ecossistema, na conservação da biodiversidade e na equidade de acesso a práticas, no conhecimento e nas tecnologias adequadas (GLIESSMAN apud ALTIERI, 2012).

## **2.5 Sistema Orgânico de Produção Agrícola**

O guia Alimentar para População Brasileira recomenda o consumo de alimentos orgânicos como uma prática alimentar saudável. Em adição, o modo de produção de alimentos orgânicos vem ao encontro do conceito de Segurança Alimentar e Nutricional adotado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) ao destacar que as práticas alimentares promotoras de saúde devem ser social, econômica e ambientalmente sustentáveis (BRASIL, 2008).

Os alimentos orgânicos são definidos como aqueles alimentos *in natura* ou processados, oriundos de sistema no qual se adotam técnicas que buscam a oferta de alimentos livres de contaminantes intencionais, que respeitam e protegem o meio ambiente, visando à sustentabilidade ecológica e à maximização dos benefícios sociais e econômicos (BRASIL, 2003). Ressalta-se que o pequeno produtor é responsável por cerca de 90% da agricultura orgânica no Brasil (BORGUINI; TORRES, 2006).

Esses alimentos tendem a ser livres de contaminantes intencionais, pelo não uso de agrotóxicos, fertilizantes sintéticos, aditivos alimentares e hormônios (BRASIL, 2003; 2007).

O consumo de alimentos orgânicos tem aumentado consideravelmente no mundo, impulsionado principalmente pela preocupação dos consumidores com a qualidade dos alimentos, incluindo-se as instituições que produzem refeições para coletividades, como restaurantes, hospitais, escolas, entre outros (FIGUEIREDO NETO, 2010).

A agricultura orgânica diferencia-se da convencional, por ter a característica de ver o solo como o centro de todo o processo produtivo, valorizando-o como recurso-chave. Por isso, o manejo orgânico prioriza práticas que proporcionem a manutenção e a melhoria da qualidade do solo do aumento dos teores de matéria orgânica e da atividade biológica. Desse modo, o manejo orgânico recomenda a manutenção de cobertura vegetal do solo, a adubação verde, o plantio direto, controle biológico de pragas, cultivo consorciado, entre outras práticas conservacionistas. Além disso, o manejo do solo no sistema orgânico prioriza as fontes orgânicas de nutrientes e não utiliza fertilizantes químicos de alta solubilidade (CASTRO NETO, 2010).

De acordo com o artigo 3º da Lei Federal nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, é estabelecido que “para sua comercialização, os produtos orgânicos deverão ser certificados por organismo reconhecido oficialmente, segundo critérios estabelecidos em regulamento”. Esse certificado representa uma garantia de que o produto, processo ou serviço é diferenciado dos demais. No caso dos produtos orgânicos, a certificação é um instrumento, geralmente apresentado sob a forma de um selo afixado ou impresso no rotulo ou na embalagem do produto, que garante que os produtos orgânicos rotulados foram produzidos de acordo com as normas e práticas da agricultura orgânica (BRASIL, 2003).

A qualidade orgânica dos alimentos colocados em mercados regionais e internacionais é garantida mediante a certificação. Assim, uma série de normas foram criadas para orientar o produtor e, ao mesmo tempo, proteger o consumidor contra enganos e fraudes. No caso de comercialização local, onde a proximidade entre produtor e consumidor permite o estabelecimento de relações de confiança, esse mecanismo de credibilidade pode ser dispensado (STRINGHETA; MUNIZ, 2003).

Os movimentos de certificação para diferenciar produtos e produtores agrícolas são originários de países ricos, com setor agrícola forte e grupos sociais organizados, sendo a Europa o continente em que as principais iniciativas surgiram e se desenvolveram. O primeiro e mais importante organismo mundial desse movimento é a IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), que elaborou as normas básicas para a agricultura orgânica a serem seguidas por todas associações filiadas mundialmente (CASTRO NETO, 2010).

No Brasil, alguns estados e municípios iniciaram o processo de utilização de alimentos orgânicos em escolas públicas beneficiadas pelo PNAE que estabelece que o Estado deva dar prioridade à seleção dos alimentos que compõem o cardápio do programa, conforme a vocação agrícola da localidade, com o propósito de incentivar o desenvolvimento local sustentável e apoiar projetos de aquisição de alimentos da agricultura familiar e de cooperativas de pequenos produtores (BRASIL, 2009a).

Estudos com considerações sobre o impacto do sistema orgânico de produção na biodisponibilidade de nutrientes e no teor de compostos antioxidantes têm recebido pequena atenção e tem sido considerado como importantes direções de futuras pesquisas. Ainda são poucos os trabalhos realizados com níveis de controle desejados para uma comparação válida entre alimentos cultivados em sistemas de produção orgânico e convencional (BOURN; PRESCOTT, 2002).

O interesse dos consumidores por alimentos saudáveis, de elevado valor nutricional e isentos de contaminantes, tem aumentado a demanda por alimentos produzidos de maneira diferente do sistema convencional, o qual utiliza fertilizantes químicos e agrotóxicos em larga escala. A agricultura orgânica, ao contrário, emprega práticas em que os resíduos vegetais e animais são reutilizados na fertilização do solo, com rotação de culturas e controle biológico de pragas (TRIVELLATO; FREITAS, 2003). Em síntese, o principal objetivo da produção orgânica é produzir alimentos saudáveis, preservando a biodiversidade e conservando os recursos produtivos, como o solo, sem a utilização de pesticidas (BRASIL, 1999; BOURN; PRESCOTT, 2002; ARAUJO; SANTOS; MONTEIRO, 2008).

O uso de agrotóxicos na agricultura é uma das maiores preocupações dos consumidores, pois a ingestão de alimentos contaminados com resíduos tóxicos pode aumentar o risco de doenças, comprometendo à saúde humana, além de

prejudicar o meio ambiente (BOURN; PRESCOTT, 2002). A produção orgânica de alimentos surge como alternativa ao quadro de contaminação química dos alimentos, buscando oferecer produtos isentos de resíduos químicos (TRIVELLATO; FREITAS, 2003).

Os atributos de qualidade dos produtos obtidos por meio da agricultura orgânica, como a ausência de resíduos químicos ou aditivos sintéticos, representam elevado grau de afinidade com o conceito de segurança do alimento, que inclui aquisição pelo consumidor de alimentos de boa qualidade, livre de contaminantes de natureza química (pesticidas, aditivos), física ou biológica (SOUZA; ALCÂNTARA, 2003).

Muitos consumidores acreditam que os alimentos orgânicos são mais saudáveis, nutritivos, e de melhor qualidade que os convencionais (WILLIAMS, 2002; ISMAIL; FUN, 2003; ARAÚJO; SANTOS; MONTEIRO, 2008; CHEN, 2007). A literatura ora apresenta-se favorável em relação a melhor qualidade nutricional dos alimentos orgânicos, ora nega tal afirmação, equivalendo-os aos produzidos no sistema convencional.

Com frequência é relatado pela população que a qualidade dos produtos tem decrescido com a passagem dos anos. Há pessoas que afirmam que os alimentos produzidos em outras épocas apresentavam mais sabor e maior durabilidade. No entanto, a confirmação desses argumentos fica restrita à subjetividade daqueles que vivenciaram tais mudanças. A forma pela qual uma técnica de cultivo influencia a qualidade do produto deve ser constatada por meio de pesquisas científicas (PENA, 1996).

Os dados sobre a composição química de frutas e hortaliças são bastante variáveis, em decorrência de diversos fatores, tais como: diferenças entre as cultivares, grau de maturidade, estação de colheita, local e clima (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O conteúdo de minerais nas plantas é condicionado, em parte, pela influência do clima e do solo, respeitando-se também a constituição genética das variedades (CALVERT, 1986).

Poucos estudos têm investigado a composição nutricional de frutas produzidas orgânica e convencionalmente, embora haja uma necessidade de informação relacionada aos possíveis perigos e, ou benefícios à saúde pelo consumo de alimentos de ambas as origens (MAGKOS; ARVANITI; ZAMPELAS, 2006).

## 2.6 Sistema Convencional de Produção Agrícola

A tecnologia agrícola convencional está embasada no preparo intensivo do solo, na utilização de adubos minerais de alta solubilidade, agrotóxicos para o controle de pragas e em cultivares de alta resposta a fertilizantes e agrotóxicos químicos sintéticos. Assim, esse modelo de agricultura compõe-se de um pacote tecnológico fortemente dependente de insumos industrializados, cuja produção e aplicação demandam alto consumo energético e geram impactos negativos no ser humano, no meio ambiente e no entorno social (ALTIERI, 2012).

O sistema de produção convencional é caracterizado por uma menor biodiversidade de espécies. Esse sistema coloca o volume de produção em primeiro plano, canalizando-a para grandes mercados, é marcado pelas monoculturas, com o preparo e uso do solo de forma intensiva. Para a proteção das plantas contra pragas e doenças são usados os mais diversos defensivos agrícolas, embora não sejam observadas as doses e os períodos de carência dos produtos utilizados (SAQUET, 2008).

É inquestionável que o sistema de produção convencional deixa nos alimentos resíduos de agrotóxicos em níveis preocupantes para a saúde pública (DAROLT, 2003). As formas inadequadas de aplicação de agrotóxicos e o desrespeito aos períodos de carência causam graves problemas de ordem ambiental e de segurança alimentar, com a contaminação do solo, água e alimentos (AMARAL, 2007).

Os principais agrotóxicos utilizados na agricultura são os organofosforados, organoclorados, os piretróides e carbamatos. Dentre os agrotóxicos utilizados na agricultura merecem destaque os inseticidas organofosforados que são os que mais causam intoxicações e ainda grande número de mortes no Brasil, devido a sua alta toxicidade aguda (AMARAL, 2007).

Segundo o Programa de Análise de Resíduos tóxicos (PARA, 2013), a cenoura apresentou em 2012, 33% de resultados insatisfatórios nas amostras analisadas devido à presença de agrotóxicos não autorizados para essa cultura. Os resultados encontrados foram menores que o ano de 2011, no qual 67% das amostras apresentaram resultados insatisfatórios. Os resultados apresentados para o tomate em 2012 foram de 12% das amostras insatisfatórias, sendo devido a

presença de agrotóxicos não autorizados e/ou com ingredientes ativos autorizados, mas em quantidades acima dos limites máximos tolerados.

A quantidade de agrotóxicos usados na produção de um vegetal ou fruto varia amplamente de cultura para cultura. Um considerável número de fatores irá afetar a presença de resíduos em alimentos, incluindo o estágio de desenvolvimento da cultura em que o pesticida foi aplicado, a persistência do produto, o uso de pesticida no pós-colheita e o nível de agrotóxicos presente no ambiente (BOURN; PRESCOTT, 2002). Segundo Lourenço (2003), os danos à saúde humana, devido à ingestão de resíduos de agrotóxicos só poderão ser minimizados pelo uso restrito, controlado e racional destes produtos na agricultura.

Com o objetivo de maximizar a produção e o lucro, o sistema de produção convencional ignora a dinâmica ecológica dos agroecossistemas, levando a uma situação de insustentabilidade, posto que deteriora as condições que possibilitam a produção de alimentos para a crescente população mundial (GLIESSMAN apud ALTIERI, 2012).

A preocupação com o meio ambiente é uma questão mundial. Muitos danos ocasionados ao meio ambiente são relacionados ao aumento da produção agrícola, como: o aumento de desmatamentos relacionados à agricultura, preocupação para ambientalistas, por gerarem degradação dos solos por erosão, uso exagerado de agrotóxicos, remoção da vegetação natural para dar lugar a pastos, e o avanço contínuo da agricultura irrigada em grande escala têm ganhado atenção dos órgãos de proteção ambiental. Uma das causas do uso descontrolado e inadequado dos recursos naturais, no caso da agricultura, deve-se à busca incessante do aumento dos lucros e da produtividade sendo inseridos no processo produtivo ativo que comprometem o meio ambiente (CASTRO NETO, 2010).

Nas últimas décadas a busca por índices de produtividade cada vez maiores, baseados no uso intensivo de máquinas e equipamentos, insumos agro-químicos, combustíveis fósseis e na degradação dos recursos naturais, vem apontando para os limites da sustentabilidade, econômica e ambiental, dos atuais sistemas de produção agrícola (ALTIERI, 2012). A necessidade de construção de novos paradigmas para a agricultura do século XXI vem apontando para a necessidade de uso e difusão de novas práticas coerentes com os preceitos do desenvolvimento sustentável (CASTRO NETO, 2010).

## 2.7 Alimentação Saudável

A importância da alimentação saudável e adequada, variada, e agradável ao paladar é primordial para a promoção da saúde, sobretudo para os jovens em idade escolar e em fase de crescimento, e para a prevenção e controle de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (CONFERÊNCIA ESTADUAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS, 2010).

O componente “adequada” deve expressar os aspectos do desenvolvimento social e econômico baseado no modelo de produção de alimentos que expresse a soberania alimentar, e, ao mesmo tempo, que estimule a revalorização de métodos tradicionais de manejo e gestão ambiental baseados nos conhecimentos acumulados de populações locais em sua íntima convivência com o meio natural. Neste sentido, a opção agroecológica deve ser referência de construção de modelo de produção de alimentos que promovam a alimentação adequada e saudável (CONFERÊNCIA ESTADUAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS, 2010).

Com a urbanização da população, os padrões de trabalho e lazer mudaram para menor gasto energético, e em virtude do aumento da tecnologia encontramos atualmente redução do esforço físico ocupacional (BRASIL, 2008). Também são observadas modificações nas atividades de lazer, que passam de atividades com gasto energético acentuado, como práticas esportivas e longas caminhadas, para atividades sedentárias, como televisão, videogame ou computador (SOUZA, 2010).

Por outro lado, o aumento no consumo de alimentos processados, ricos em gordura, principalmente saturadas, açúcar e sal, diminuição da ingestão de carboidratos complexos e micronutrientes associado ao menor gasto energético diário atribuído à redução da atividade física e estilo de vida sedentário, tem sido os fatores responsáveis pelo aumento de doenças crônico-degenerativas, como diabetes, doenças cardiovasculares, hipertensão, dislipidemias, câncer (BRASIL, 2008) e explica as tendências crescentes de sobrepeso e obesidade na população brasileira (SOUZA, 2010).

Estudo realizado pela Pesquisa de Orçamento Familiar 2008-2009 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011) em parceria com o Ministério da Saúde avaliou a disponibilidade domiciliar de alimentos e sua evolução nas áreas metropolitanas do Brasil, no período de 2003 a 2009. A pesquisa

revelou que em todo o país e em todas as faixas de renda, houve consumo excessivo de açúcar e alimentos industrializados ricos em gordura saturada e sódio na alimentação do brasileiro, além de ingestão insuficiente de frutas e hortaliças. Essas mudanças de hábitos favorecem um balanço energético positivo e consequente ganho de peso corporal (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011).

As DCNT principalmente do aparelho circulatório, câncer, respiratórias crônicas, diabetes e musculoesqueléticas, são doenças multifatoriais relacionadas a fatores de riscos não modificáveis (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2003) como idade, sexo e raça, e os modificáveis destacando-se o tabagismo, o consumo excessivo de bebidas alcoólicas, a obesidade, as dislipidemias (determinadas principalmente pelo consumo excessivo de gorduras saturadas de origem animal), o consumo excessivo de sal, a ingestão insuficiente de hortaliças (WEISBURGUER, 2002) e a inatividade física (SOUZA, 2010).

A evolução das DCNT coloca-se como desafio adicional à segurança alimentar e nutricional, o qual deve ser conjugado com os esforços para reversão da prevalência de desnutrição infantil e para o controle e a prevenção das deficiências de micronutrientes (BRASIL, 2008; SOUZA, 2010).

A formação de hábitos alimentares se processa de modo gradual, principalmente durante a primeira infância, por isto, é necessário que as mudanças de hábitos inadequados sejam alcançadas no tempo hábil, sob orientação correta. Não se deve esquecer que, nesse processo, também estão envolvidos valores culturais, sociais, afetivos, emocionais e comportamentais, que precisam ser cuidadosamente integrados às propostas de mudanças (BRASIL, 2008).

De acordo com os princípios de uma alimentação saudável, todos os grupos de alimentos devem compor a dieta diária. Essa deve fornecer água, carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas, fibras e minerais, os quais são insubstituíveis e indispensáveis ao bom funcionamento do organismo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2003). A diversidade dietética que fundamenta o conceito de alimentação saudável pressupõe que nenhum alimento específico ou grupo deles isoladamente, são suficientes para fornecer todos os nutrientes necessários a uma boa nutrição e consequente manutenção da saúde (BRASIL, 2008).

Segundo o Guia Alimentar para a População Brasileira (2008), as práticas alimentares saudáveis devem ter como enfoque prioritário o resgate de hábitos

alimentares regionais que contemplem o consumo de alimentos *in natura*, produzidos em nível local, culturalmente referenciados e de elevado valor nutritivo, como frutas, hortaliças, grãos integrais, leguminosas, sendo os mesmos consumidos a partir dos seis meses de vida até a fase adulta e a velhice, considerando sua segurança sanitária (BRASIL, 2008).

## **2.8 Frutas e Hortaliças e a Promoção da Saúde**

Frutas e hortaliças são ricas em vitaminas, minerais e fibras e devem estar presentes diariamente nas refeições, pois contribuem para a proteção à saúde e diminuição do risco de ocorrência de várias doenças (BRASIL, 2008).

A Resolução FNDE nº 26/2013 determina que os cardápios elaborados para atender a alimentação escolar deverão pautar-se na alimentação saudável e adequada, devendo oferecer, pelo menos, três porções de frutas e hortaliças por semana (200g/aluno/semana) nas refeições ofertadas. Desta forma, os profissionais da área de nutrição devem promover a introdução de frutas e acrescentar saladas compostas por hortaliças, a fim de estimular o consumo e hábito alimentar de tais alimentos ainda na infância (BRASIL, 2013).

Vários estudos, associando o consumo de frutas e hortaliças com a diminuição de riscos de DCNT, já foram realizados. Weisburger (2002) comparou hábitos alimentares dos japoneses, americanos, finlandeses, franceses, sul asiáticos e moradores da área mediterrânea e concluiu que dietas ricas em frutas, hortaliças e azeite de oliva são benéficas para evitar doenças coronárias e vários tipos de câncer.

Estudos científicos têm relacionado o consumo regular de uma quantidade mínima de 400g/dia (dieta de 2000 Kcal) de frutas, hortaliças ao menor risco de desenvolvimento de muitas doenças crônicas não-transmissíveis e à manutenção do peso adequado (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2003). Devido ao seu alto teor de fibras e de compostos antioxidantes, esses alimentos são protetores também para hiperlipidemia e doenças cardíacas. Por esses e outros motivos, essa alimentação auxilia na prevenção do câncer de vários órgãos (BRASIL, 2008).

Segundo Weisburger (1999) em qualquer lugar do mundo, as tradições dietéticas deveriam envolver a ingestão diária de frutas, hortaliças e chá, ingestão

adequada de fibras solúveis e insolúveis provenientes de grãos integrais e consumo, preferencialmente, de azeite de oliva em relação a outras fontes de gorduras.

O consumo frequente de frutas e hortaliças é um dos fatores da dieta alimentar que mais contribui para prevenção e redução de risco de doenças (TARLOVSKY, 2013). Estes, além de fornecerem os macro e micronutrientes essenciais, possuem em sua composição compostos químicos que exercem uma potente atividade biológica, já comprovada por vários pesquisadores. Esses são chamados de compostos bioativos ou fitoquímicos e podem desempenhar diversos papéis em benefício da saúde humana (HORST; LAJOLO, 2007).

## **2.9 Compostos Bioativos**

As olerícolas são fontes de macro e micronutrientes e a principal fonte de substâncias químicas bioativas, das quais o metabolismo humano também necessita. Alguns compostos presentes na grande maioria em alimentos de origem vegetal exercem potente atividade biológica, já comprovada por vários estudos. Tais compostos são chamados de substâncias bioativas ou fitoquímicos e podem desempenhar diversas ações em benefício da saúde humana (MCDOWELL et al., 2007).

Compostos bioativos ou fitoquímicos são metabólitos secundários de plantas, e estão relacionados com os sistemas de defesa das plantas contra radiação ultravioleta ou as agressões de insetos ou patógenos, além de atrair agentes polinizadores (HORST; LAJOLO, 2007). São constituintes não nutrientes que ocorrem em pequenas quantidades nos alimentos (HO et al., 2010), sendo capazes de modificar o metabolismo de maneira favorável à prevenção do câncer e outras doenças degenerativas se ingeridos diariamente (ANJO, 2004).

Diversos compostos bioativos são evidenciados e estudados como sendo responsáveis pelos efeitos benéficos de uma dieta rica em frutas e hortaliças. Esses compostos variam em estrutura química e, conseqüentemente em função biológica. Entretanto eles apresentam algumas características em comum: pertencem a alimentos do reino vegetal, são substâncias orgânicas e geralmente de baixo peso molecular, não são indispensáveis nem sintetizados pelo organismo humano e apresentam ação protetora na saúde humana quando presentes na dieta em quantidades significativas (HORST; LAJOLO, 2007).

Alguns alimentos ricos em compostos bioativos são as frutas cítricas, alho, repolho, soja, gengibre, cebola, tomate, berinjela, aveia, entre outros. Entre os mais importantes fitoquímicos estão os terpenoides que englobam os carotenoides, limonóides, fitoesteróides, saponinas e compostos nitrogenados e metabólicos fenólicos, englobando os ácidos fenólicos, polifenóis e flavonoides (ANJO, 2004).

## 2.10 Cenoura

A cenoura (*Daucus carota L.*) é uma hortaliça da família *Apiaceae*, do grupo das raízes tuberosas (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo originária da Ásia (FILGUEIRA, 2007). Suas principais características são coloração intensa e alto teor de açúcar (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A cor alaranjada característica do vegetal, é devido a grande quantidade de  $\beta$ -caroteno, o precursor da vitamina A (SOUZA et al., 2013).

É uma olerícola cultivada em larga escala nas regiões sudeste, nordeste e sul do Brasil. Os principais municípios produtores são: Carandaí, Santa Juliana e São Gotardo (Minas Gerais); Piedade, Ibiúna e Mogi das Cruzes (São Paulo); Marilândia (Paraná); Lapão e Irecê (Bahia) (SOUZA et al., 2013). As diversas cultivares de cenoura disponíveis no mercado são: Nantes, Kuroda, Brasília, Kuronan, Tropical, Prima, Nova Carandaí, Harumaki Kinko Gossium e Alvorada, dentre outras (FILGUEIRA, 2007).

A cenoura é a quinta olerícola cultivada no Brasil em ordem de importância econômica. A área cultivada anualmente é superior a 27 mil hectares e a produção de 760 mil toneladas. Seu cultivo é de alta relevância socioeconômica, principalmente nas Regiões do Alto Paranaíba e Irecê, localizadas respectivamente nos Estados de Minas Gerais e Bahia (SOUZA et al., 2013).

É uma hortaliça amplamente consumida tanto crua como cozida por causa de seu sabor agradável e propriedades nutritivas – Tabela 1 (SPAGNOL; PARK; SIGRIST, 2006). Além do consumo in natura, pode ser utilizada como matéria prima para indústrias processadoras de alimentos, que a comercializam na forma minimamente processada (mini cenouras, cubos, ralada, em rodela) ou processada na forma de seleta de legumes e alimentos infantis (SOUZA et al., 2013).

**Tabela 1 – Composição Nutricional em 100 gramas de cenoura crua.**

<b>Componentes</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
Energia	Kcal	41,0
Água	gramas	88,30
Proteína	gramas	1,30
Lipídeos	gramas	0,20
Cinzas	gramas	0,97
Carboidratos*	gramas	9,58
Fibras	gramas	2,80
Açúcares Totais	gramas	4,74
Cálcio	miligramas	33
Ferro	miligramas	0,30
Magnésio	miligramas	12
Fósforo	miligramas	35
Sódio	miligramas	69
Zinco	miligramas	0,24
Potássio	miligramas	320
Cobre	miligramas	0,045
Manganês	miligramas	0,143
Selênio	microgramas	0,1
Vitamina A	microgramas	835
Vitamina C	miligramas	5,9

(\*)Carboidratos por diferença

Fonte: USDA - United States Department of Agriculture (2010)

As cenouras contribuem significativamente para ingestão de pró-vitamina A, proveniente dos alimentos, para biodisponibilidade de carotenos e, em quantidades moderadas, para outros nutrientes, como minerais e fibras (ARSCOTT; TANUMIHARDJO, 2010).

Através do consumo de 24 gramas de cenoura crua (equivalente a duas colheres de sopa) por dia é possível atingir a ingestão dietética de referência (DRI) diária recomendada de vitamina A para a faixa etária de 9 a 13 anos (DRI: 600 µg) (BRASIL, 2013a; INSTITUTE OF MEDICINE, 2001).

O conteúdo de caroteno de cenouras aumenta com o estágio de maturação. Portanto, a cor de cenouras jovens e pequenas é pálida, e contêm pouco  $\alpha$  ou  $\beta$ -

caroteno (HEINONEN, 1990). O conteúdo de caroteno aumenta quando a raiz está amadurecendo e ao mesmo tempo a proporção entre  $\alpha$  e  $\beta$ - caroteno altera.  $\beta$ - caroteno contem cerca de 60% do conteúdo de carotenoides totais em cenoura laranja madura e o  $\alpha$ -caroteno cerca de 20%, sendo o restante dos carotenoides correspondendo a xantofilas (SIMON; WOLFF, 1987).

Sabe-se que as condições de crescimento e as práticas de manejo afetam as concentrações destes compostos nas cenouras durante o armazenamento, devendo tal fator ser considerado por afetar o sabor da cenoura e a nutrição humana (Singh et al., 2012).

As condições de solo, clima, fotoperiodismo, regime pluvial, grau de maturação, etc. influem na composição vitamínica dos alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2008). Portanto ao determinar a composição química de frutas e hortaliças o sistema de produção agrícola dever ser considerado.

## 2.11 Tomate

O tomate pertence à família *Sonolaceae* é denominado botanicamente *Lycopersicon esculentum* Mill, sendo originário da América do Sul (DAVIES; HOBSON, 1981).

O tomate é uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil e a segunda cultivada no mundo, sendo superada apenas pela batata em produção. Segundo o Agriannual (2013), estima-se que a produção brasileira de tomate (2012) esteja em 4 milhões de toneladas ocupando uma área de 63 mil hectares, sendo 27 % da produção destinada à indústria e 73 % ao consumo *in natura*. Dentre os estados produtores de tomate, Goiás destaca-se em primeiro lugar, seguido por São Paulo e Minas Gerais. O estado de Minas Gerais apresentou em 2012 uma produção de 434 mil toneladas (AGRIANUAL, 2013).

No Brasil, as cultivares mais plantadas pertence aos grupos Santa Cruz, salada ou caqui, cereja e italiano (FILGUEIRA, 2007).

A composição dos frutos (Tabela 2) varia de acordo com cultivar, nutrição, condições e manejo do cultivo e com as condições ambientais nas quais foram produzidos (PERIAGO et al., 2004; SUAREZ; RODRÍGUEZ; ROMERO, 2008). Os frutos são compostos por minerais, vitaminas A, B1, B2, B3, B6, C, E, niacina, ácido fólico, biotina, além de outros compostos (SILVA; GIORDANO, 2000).

**Tabela 2 – Composição Nutricional em 100 gramas de Tomate cru.**

<b>Componentes</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>
Energia	Kcal	16,0
Água	gramas	94,78
Proteína	gramas	0,95
Lipídeos	gramas	0,19
Carboidratos*	gramas	3,18
Fibras Totais	gramas	0,9
Açúcares Totais	gramas	2,49
Cálcio	miligramas	5
Ferro	miligramas	0,47
Magnésio	miligramas	8
Fósforo	miligramas	29
Sódio	miligramas	42
Zinco	miligramas	0,14
Potássio	miligramas	212
Vitamina A	UI	1496
Vitamina C	miligramas	16

(\*) Carboidratos por diferença

Fonte: USDA - United States Department of Agriculture (2010)

O sabor do fruto está relacionado com a quantidade de sólidos, principalmente açúcares, ácidos orgânicos e compostos voláteis. Considerando que o fruto maduro é constituído por 93 % a 95 % de água, apenas a pequena quantidade da matéria seca determina a sua qualidade. Na matéria seca, aproximadamente 50 % são açúcares redutores, como a glicose e frutose, e 10 % são ácidos orgânicos, principalmente cítricos e málicos (SILVA *et al.*, 2012).

A presença de concentrações adequadas de açúcares solúveis e ácidos orgânicos determina o desenvolvimento do sabor do fruto e afeta diretamente a qualidade do produto. As cultivares comerciais do tomate têm entre 1,5 e 4,5 % de açúcares na matéria fresca (HOBSON; DAVIES, 1971). Os açúcares solúveis presentes em frutos maduros são principalmente os redutores e estes aumentam progressivamente durante o desenvolvimento e amadurecimento do fruto (HOBSON; DAVIES, 1971).

Outros fatores devem ser considerados ao analisar a composição química dos frutos. Suárez, Rodríguez e Romero (2007), constataram na pesquisa realizada para determinar minerais e elementos traços de interesse nutricional no fruto tomate, que vários fatores influenciam a concentração de minerais, como o cultivar, o método de cultivo, região de produção ou período de amostragem, sendo que todos esses fatores atuam ao mesmo tempo.

A maior parte das cultivares possui ciclo de 95 a 125 dias. Entretanto, o período de cultivo é dependente das condições climáticas, da fertilidade do solo, da intensidade de irrigação, do ataque de pragas e da época de plantio (SILVA *et al.*, 2012).

O estágio de maturação dos frutos é um fator importante a ser considerado em estudos de composição química. Durante o amadurecimento dos frutos ocorre uma série de mudanças quantitativas e qualitativas na composição química (SUÁREZ; RODRÍGUEZ; ROMERO, 2008).

A importância dessa olerícola, especialmente quanto à presença de vitaminas, fibras e minerais, aliado ao seu agradável sabor e cor, contribuiu para a rápida popularização de seu consumo. O tomate é consumido in natura como ingrediente preferido das saladas; sob a forma de suco; desidratado como integrante de sopas, em conservas; em extrato; coado e condimentado (Ketchup) (ESPINOZA, 1991; SUAREZ; RODRÍGUEZ; ROMERO, 2007). A principal fonte de licopeno na dieta humana provém do consumo de tomate (PERIAGO *et al.*, 2004).

O licopeno é um pigmento lipossolúvel que confere cor avermelhada para um número limitado de alimentos, como a goiaba, caqui, a pitanga, a melancia e o tomate (BRAMLEY, 2000). É um carotenoide que tem recebido atenção especial devido à sua associação com redução do risco de câncer de próstata (GIOVANNUCCI, 1999) e doenças cardiovasculares (HU *et al.*, 2004).

As quantidades de compostos bioativos, como o licopeno, presentes naturalmente nos alimentos variam de acordo com a espécie, maturidade, clima, práticas de cultivo, incidência solar e região onde a planta foi cultivada, e no caso do licopeno, também varia de acordo com o tratamento térmico a que foi submetido (RODRIGUEZ, *et al.*, 2006).

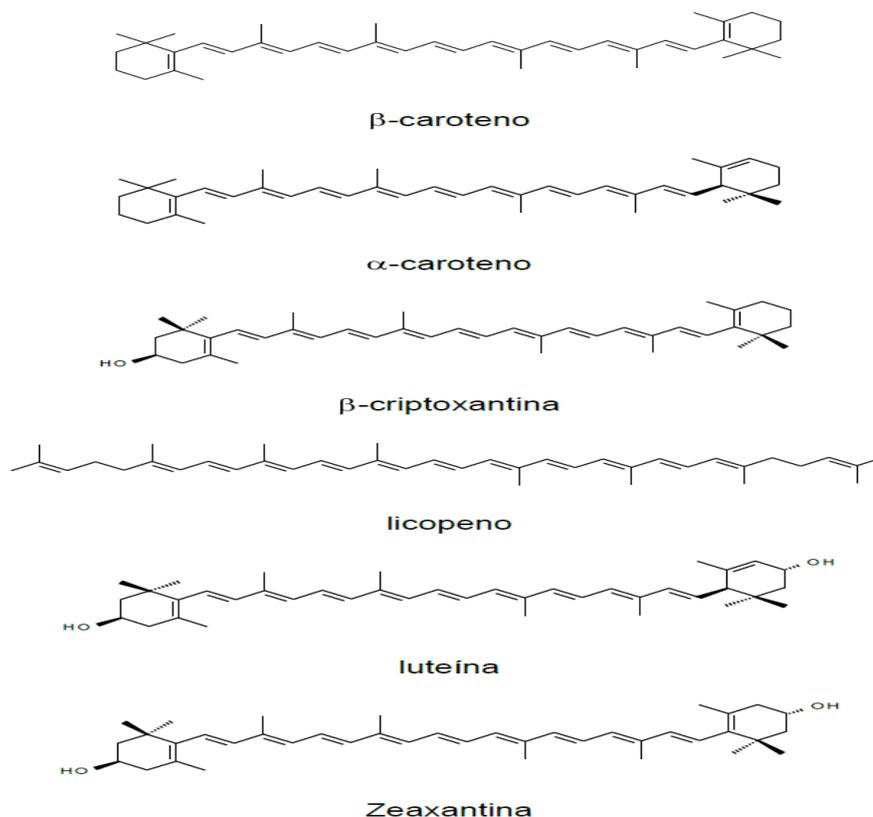
## 2.12 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos naturais sintetizados pelas plantas e alguns micro-organismos. Os seres humanos e os animais não são capazes de sintetizar carotenoides, portanto precisam adquiri-los através da dieta alimentar. Os carotenoides presentes nos alimentos são geralmente, tetrapertenos (com 40 carbonos) formados por oito unidades de isopreno (SCHWARTZ *et al.*, 2010).

Quimicamente, os carotenoides são divididos em dois grupos: os carotenos ou hidrocarbonetos, carotenoides que possuem somente carbono e hidrogênio em suas moléculas, com variados graus de insaturação. E os derivados oxigenados, chamados de xantofilas, que contêm funções oxigenadas (mais comumente cetonas, hidróxi, epóxi, metóxi ou ácido carboxílico) (BRITTON, 1990; ALMEIDA–MURADIAN; PENTEADO, 2003a). São sintetizados a partir dos carotenos, por meio de reações de hidroxilação e epoxidação. O  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno e o licopeno são exemplos de carotenos, enquanto a luteína, criptoxantina e a zeaxantina são xantofilas (RIVERA; GARAYOA, 2012).

O sistema de ligações duplas conjugadas serve como o cromóforo responsável pela sua habilidade de absorver luz na região visível, conseqüentemente pelo seu poder corante – o seu papel mais aparente. Pelo menos sete duplas ligações conjugadas são necessárias para que um carotenoide seja colorido. Quando o sistema conjugado é estendido, a cor também se intensifica; portanto, o licopeno, com 11 duplas ligações conjugadas é vermelho (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997). Estes compostos são responsáveis pelas cores atraentes de frutas, especialmente frutas tropicais, raízes, flores, peixes e crustáceos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999). As principais estruturas de carotenoides estão apresentadas na Figura 1.

**Figura 1 – Estrutura Química Carotenoides**



**Fonte: RODRIGUEZ-AMAYA, 1999**

Todos os carotenoides podem ser considerados derivados da estrutura do licopeno por: hidrogenação, desidrogenação, ciclização ou oxidação, ou ainda por uma mistura destes processos (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO *et al.*, 2003a).

A importância de carotenoides em alimentos vai mais longe que o seu papel como corante. Funções e ações biológicas tem sido atribuídas aos carotenoides. A atividade pró-vitáminica A é a função fisiológica mais conhecida (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997). A vitamina A é fornecida através da dieta como vitamina A pré-formada, proveniente de alimentos de origem animal, ou como carotenoides que podem ser biologicamente transformados em vitamina A (pró-vitaminas A), originários geralmente de alimentos de origem vegetal (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO *et al.*, 2003a).

Apesar de haver mais de 600 carotenoides conhecidos, somente cerca de 50 são precursores da vitamina A, entre eles o β-caroteno é o mais abundante nos alimentos e o mais importante, tanto em termos de biopotência (a qual é atribuída 100% de atividade) possuindo a maior atividade vitamínica A, como pela sua larga

ocorrência em alimentos (YUYAMA *et al.*, 2007). Um anel  $\beta$ -iona não substituído com uma cadeia poliênica de 11 carbonos é o requisito mínimo para que um carotenoide possa ter atividade vitamínica A (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO *et al.*, 2003b).

As principais fontes alimentares de carotenoides com atividade de pró-vitamina A em nosso meio são: abóbora, cenoura, manga, batata-doce, espinafre, mostarda, couve, entre outros. No entanto, embora as hortaliças sejam conhecidamente boas fontes de carotenoides, seu conteúdo é influenciado pela variedade, grau de maturação, condições de cultivo, estação do ano e pela parte da hortaliça que é consumida, condições estas que podem alterar o conteúdo de carotenoides, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, pela conversão cis e degradação (CAMPOS *et al.*, 2006).

Outras atividades biológicas tem sido atribuídas mais recentemente aos carotenoides, como o fortalecimento do sistema imunológico e diminuição do risco à DCNT, câncer, degeneração macular e formação de cataratas (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997). Esses efeitos benéficos à saúde são independentes da atividade pró-vitamina A e tem sido relacionado a uma propriedade antioxidante dos carotenoides, através da desativação de radicais livres e pelo sequestro de oxigênio singlet (FORD, 2002). A capacidade de carotenoides em sequestrar oxigênio singlet é ligada ao sistema de duplas ligações conjugadas, a máxima proteção sendo demonstrada por carotenoides com nove ou mais destas duplas ligações (SCHWARTZ *et al.*, 2010).

Os carotenoides mais estudados em relação à saúde humana são o  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno, licopeno,  $\beta$ -criptoxantina e luteína, por serem os mais encontrados no plasma humano (PARKER *et al.*, 1989; MAIANI *et al.*, 2009) e a zeaxantina, por apresentar uma concentração muita alta na retina (ABUSHITA; DAOOD; BIACS, 2000).

Atualmente, a ação dos carotenoides na prevenção e tratamento de patologias como câncer, doenças cardiovasculares, catarata, desordens fotossensíveis e do sistema imunológico, tem atraído ainda mais a atenção dos pesquisadores (CAMPOS *et al.*, 2006). Em virtude do seu potencial antioxidante e de seu papel no desenvolvimento e na diferenciação celular, os carotenoides podem proteger o organismo de desordens degenerativas. Várias evidências epidemiológicas associam a ingestão de uma dieta rica em carotenoides e alta

concentração tecidual destes com redução do risco de câncer (FORD *et al.*, 2002; MANCUSO, 2012; TARLOVSKY, 2013).

Em animais e humanos, os carotenoides especialmente o  $\beta$ -caroteno e licopeno, desempenham um papel na proteção contra processos fotooxidativos agindo com o oxigênio singleto molecular e sequestrantes de radicais peroxil, podendo interagir sinergicamente com outros antioxidantes. São fitonutrientes importantes, possuindo atividade preventiva do câncer de pulmão, mama, cólon e câncer de próstata (MANCUSO *et al.*, 2012).

Em adultos sabe-se existir uma associação entre a ingestão inadequada ou concentração baixa de carotenoides com o aumento da mortalidade por diversas doenças crônicas. O estímulo de hábitos saudáveis, obtidos principalmente por consumo adequado de frutas e hortaliças, deve ser iniciado na infância, visando à obtenção de uma razoável concentração de carotenoides na juventude, alcançando desta forma a promoção de uma saúde melhor (FORD *et al.*, 2002).

Klein e Perry (1982) determinaram o teor de ácido ascórbico e a atividade de vitamina A (a partir de carotenoides) em frutas e vegetais selecionados, em amostras colhidas em seis locais diferentes, em todos os Estados Unidos. Nesse estudo, encontrou-se uma grande variação entre os locais de estudo e uma grande variação entre os locais de amostragem, o que se deve, a efeitos geográficos/climáticos, diferenças entre as variedades e efeitos de práticas agrícolas locais. Variações e interações entre as práticas agrícolas, incluindo tipo e quantidade de fertilizantes, tipo de irrigação, meio ambiente e genética certamente tem influência sobre o teor de vitaminas em alimentos de origem vegetal (GREGORY, 2010).

A concentração de vitaminas em frutas e vegetais costuma variar com características genéticas do cultivo, fase de maturação, época de colheita e clima. As práticas agrícolas e as condições ambientais são fatores importantes que devem ser considerados, pois influenciam no teor de vitaminas em alimentos de origem vegetal, mas poucos dados sobre esse tema estão disponíveis (GREGORY, 2010).

Frente a todas essas ações benéficas promovidas pelos carotenoides presentes nos alimentos, torna-se imprescindível à quantificação destes nos alimentos, que pode ser influenciada, dentre outros fatores pelo tipo de prática agrícola empregado (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

### 2.12.1 Métodos Analíticos para Determinação de Carotenoides

A natureza da amostra é uma consideração importante na escolha da metodologia analítica a ser utilizada na determinação de carotenoides (PEREIRA; AMAYA-FARFAN; RODRIGUEZ-AMAYA, 1998). Os passos principais para análises de carotenoides incluem: a preparação da amostra, extração e saponificação, separação, detecção e quantificação (MAIANI *et al.*, 2009).

Os carotenoides são altamente estáveis quando estão na célula da planta, mas uma vez isolados, são sensíveis à luz, calor e ácidos, promovendo a isomerização *cis/trans*. As xantofilas são particularmente suscetíveis a esses agentes e são também destruídas em meio alcalino. Os tecidos das plantas contêm lipoxigenases que catalisam a oxidação dos carotenoides (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO, 2003a).

Devido à própria natureza dos carotenoides, muitos cuidados devem ser tomados durante a análise, especialmente em relação à exposição ao oxigênio, luz, calor e ácidos que promovem a perda dos carotenoides. A esses cuidados inclui-se o uso de solventes livres de impurezas (peróxidos, ácidos etc.), tempo de análise o menor possível, aplicação de atmosfera inerte e o uso de antioxidantes (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO, 2003a).

Os carotenoides oxidam com facilidade, pois contêm um grande número de ligações duplas conjugadas. Essas reações ocasionam a perda da cor dos carotenoides em alimentos, sendo seus principais mecanismos de degradação. Danos físicos aos tecidos ou extração dos carotenoides aumentam a sua suscetibilidade à oxidação (SCHWARTZ *et al.*, 2010).

A atividade enzimática, em especial de lipoxigenase, acelera a degradação oxidativa dos carotenoides. Isso se dá por mecanismos indiretos. A lipoxigenase a princípio catalisa a oxidação de ácidos graxos insaturados ou poli-insaturados para produzir peróxidos, os quais, por sua vez, reagem prontamente com os carotenoides (SCHWARTZ *et al.*, 2010).

O procedimento de homogeneização e pesagem da amostra analítica deve preceder da forma mais ágil, pois a liberação de enzimas, como a lipoxigenase, catalisa significativamente a oxidação dos carotenoides e a liberação de ácidos pode promover a isomerização *trans-cis*. Todo o trabalho laboratorial deve ser planejado

de forma que as amostras sejam analisadas logo após a chegada, tendo-se em vista a dificuldade de evitar as alterações na composição dos carotenoides durante a estocagem, mesmo em baixas temperaturas. Considerando que a concentração do carotenoide é expressa por peso da amostra, mudança de peso devido, principalmente, à perda ou ao ganho de umidade durante a estocagem também afeta o resultado final (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008).

O principal problema para análise de carotenoides está relacionado à sua instabilidade. Assim seja qual for o método analítico escolhido medidas de precaução a fim de evitar a interferências na análise, formação de artefatos e perdas quantitativas deverão ser uma prática padrão de laboratório (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008).

Segundo Rodriguez-Amaya (1999) independentemente do método escolhido, alguns requisitos devem necessariamente ser analisados, como a separação ou remoção dos carotenoides não pro-vitamínicos interferentes, separação das pró-vitaminas e quantificação individuais. As análises devem ser cuidadosas e rápidas, uma vez que a cadeia poliênica insaturada do  $\beta$ -caroteno é muito sensível ao oxigênio, à luz e ao calor. Além disso, as características estruturais da molécula se modificam na presença de álcalis e ácidos; logo, as amostras e extratos de carotenoides devem sempre ser protegidos da luz e estocados por tempo mínimo, na ausência de oxigênio (em vácuo ou em atmosfera de  $N_2$ ) e sob congelamento.

Dentre os métodos relatados na literatura para análise de carotenoides, encontra-se o método oficial publicado pela Association of Official Analytical Chemists (2012) para determinação de carotenoides totais empregando espectrofotometria, além de outros métodos espectrofotométricos para a análise de carotenoides em alimentos (RAMOS, 1991; RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 1976) e métodos cromatográficos por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) (BARBA, 2006; CARDOSO *et al.*, 2011; KIMURA *et al.*, 2007.; PINHEIRO-SANTANA *et al.*, 1998; RIZZOLO; POLESELLO, 1992).

O método clássico de quantificação de carotenoides é por meio de espectrofotometria na região do UV-visível. Atualmente os carotenoides têm sido mais frequentemente quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa acoplada ao detector de arranjo de diodos (CLAE-DAD), técnica que permite a separação dos compostos e, portanto, a detecção e a quantificação de cada carotenoide individualmente, mas com o inconveniente de demandar maior

tempo e custo de análise. As análises por espectrofotometria ainda são amplamente utilizadas e têm sido adaptadas para diversos fins, principalmente para análise de alimentos ricos em um carotenoide específico, onde são empregados comprimentos de onda selecionados (BIEHLER *et al.*, 2010).

O método recomendado pela AOAC (2012) consiste na extração com acetona e hexano, filtração, lavagem com água e ajuste do extrato a um volume conhecido. A solução é aplicada a uma coluna cromatográfica de MgO (ativado): Hyflosupercel. Os carotenos são eluídos com acetona/hexano os resultados são expressos em UI (unidades internacionais) ou mg de  $\beta$ -caroteno. Muitos dados para carotenos e valor de vitamina A encontrados nas tabelas de composição de alimentos foram obtidos a partir deste método. Devido a sua simplicidade é considerado um método vantajoso. (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO, 2003b).

Métodos cromatográficos empregando-se a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) estão sendo utilizados para a separação de carotenoides desde o início desta técnica em 1970 (RIZZOLO; POLESELLO, 1992). Uma das primeiras separações por CLAE foi de carotenoides realizado por Stewart e Wheaton, em 1971, a partir de extratos de frutas cítricas (MÍNGUEZ-MOSQUERA *et al.*, 2002). Atualmente tem sido a técnica mais empregada para análise de carotenoides. A CLAE apresenta-se como método de alta resolução, preciso, confiável, e um método sensível para a análise de carotenoides (BARBA, 2006 ; CARVALHO *et al.*, 2012).

No entanto, a CLAE é um método que apresenta um custo elevado e demorado, portanto métodos alternativos têm sido utilizados para a análise de carotenoides, sendo a espectrofotometria na região do visível, um sistema de detecção utilizado, por ser mais rápido e menos dispendioso que a cromatografia e mais sensível que os métodos baseados em parâmetros colorimétricos (PERIAGO *et al.*, 2004).

Rao *et al.* (1998) ao analisarem o conteúdo de licopeno em diferentes produtos de tomate demonstraram que os resultados obtidos por CLAE e os mensurados por espectrofotometria são comparáveis e praticamente os mesmos. Neste trabalho foi possível concluir que espectrofotometria é um método aceitável no caso dos alimentos em que o licopeno é o carotenoide. A determinação de licopeno por espectrofotometria é mais rápida e menos dispendiosa do que a utilização de CLAE para este propósito (LUGASI *et al.*, 2003).

Devido à grande variedade na natureza das matrizes alimentícias e da composição de carotenoides dos alimentos, um único método analítico geralmente não é adequado para ser aplicado em diferentes alimentos. Assim, uma otimização dos métodos já relatados na literatura, ou ainda o desenvolvimento e validação de um novo método, seguido da avaliação do seu desempenho devem ser realizados para obtenção de resultados confiáveis (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

A análise precisa de carotenoides tem sido um dos objetivos buscados por anos. Estas metas têm resultado no refino dos métodos analíticos, identificação das fontes de erros e os meios adequados para evitá-los, bem como na implementação de sistemas de garantia da qualidade (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

### **2.13 Elementos traço**

O termo elementos-traço surgiu na literatura em meados da década de 80, incluindo os compostos cujas necessidades nutricionais eram menores que 1 mg/kg de peso corporal. Por definição são os compostos que estão presentes em pequenas quantidades, contribuindo com apenas 0,01% do peso corpóreo. São encontrados nos alimentos, no solo, na água e no ar (ECKERT, 2009). Apesar de geralmente ocorrerem em pequenas quantidades, muitos desses elementos são essenciais para a saúde, participando como grupo prostético de enzimas e metaloproteínas, contribuindo para o bom funcionamento das vias metabólicas (CALLOU *et al.*, 2013).

Contudo, as hortaliças podem apresentar quantidades significativas de elementos-traço que apresentam toxicidade para a saúde humana, como cádmio (Cd), chumbo (Pb), arsênio (As) e níquel (Ni), devido à deposição atmosférica, atividades urbano-industriais e práticas agronômicas que são as principais fontes antrópicas de elementos-traço em solos agrícolas (HE *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2005). O repetido uso de insumos em atividades agrícolas tais como fertilizantes, corretivos e agrotóxicos têm em alguns casos, elevado o teor desses elementos no solo (MELO *et al.*, 2008). Estes elementos se acumulam no organismo, podendo levar a efeitos deletérios para a saúde humana, como alterações hepáticas e neurológicas, comprometimento renal, desordens imunológicas e endócrinas (MOREIRA E MOREIRA, 2004), além de efeitos teratogênicos, mutagênicos e carcinogênicos (SILVA *et al.*, 2005).

### 2.13.1 Arsênio

O Arsênio pode ocorrer na forma orgânica ou inorgânica. Os compostos orgânicos mais importantes parecem ser os que possuem o grupamento metila e apresentam baixa toxicidade. Já os compostos inorgânicos são as formas mais tóxicas e podem ser encontrados em agrotóxicos e em águas contaminadas (CALLOU *et al.*, 2013).

As atividades humanas têm intensificado a acumulação do arsênio no meio ambiente, com a queima de combustíveis fósseis e a fundição de metais, bem como indústrias de semicondutores e de vidro. O arsênio é também um ingrediente de muitos materiais comumente utilizados, incluindo preservativos de madeira, pigmentos, agrotóxicos (HATHAWAY *et al.*, 1991). A aplicação de compostos de arsênio na agricultura e na silvicultura pode levar a extrema contaminação do solo e águas subterrâneas.

Agrotóxicos que incluem arsênio na sua composição são os responsáveis pela contaminação continuada de vários solos agrícolas. A exposição humana ao arsênio e seus compostos podem resultar em desenvolvimento de câncer de pele, pulmão, fígado e rins sendo reconhecido como carcinogênico humano (ESTEVES, 2009).

### 2.13.2 Cádmio

O cádmio é um elemento traço, altamente reativo, com efeito acumulativo no organismo, principalmente nos rins, fígado e pulmões, provocando o aparecimento de patologias diversas. Não possui nenhuma ação essencial aos processos biológicos, sendo que sua intoxicação ocorre através da inalação e ingestão (MURTA *et al.*, 1997). A mais importante fonte exógena de cádmio são os fertilizantes fosfatados que podem ocasionar elevada concentração deste elemento no solo e nas plantações. O cádmio presente em solos, mesmo em pequenas quantidades, move-se rapidamente para as plantas, ao contrário de outros elementos tóxicos, como o chumbo. Vegetais e cereais são geralmente conhecidos como as fontes mais significativas de cádmio na dieta (MAIHARA; FÁVARO, 2012).

Além disto, o Cd é um elemento muito utilizado industrialmente para revestimento de metais a fim de torná-los resistentes à corrosão, em plásticos desempenhando função de estabilizadores, em tintas como pigmentos, em baterias e também se apresentando como contaminantes em fertilizantes (MAIHARA; FÁVARO, 2012). A ingestão de alimentos altamente contaminados por cádmio pode ocasionar efeitos agudos de repercussão gastrintestinal, como diarreia e vômito. A consequência mais evidente do envenenamento crônico pela via alimentar é o comprometimento do funcionamento renal, com surgimento de nefropatia irreversível, que pode se converter em insuficiência renal, caracterizando-se por perda anormal de proteínas pela urina (MAIHARA; FÁVARO, 2012).

### **2.13.3 Chumbo**

O chumbo é um elemento tóxico presente em maior quantidade na crosta terrestre, sendo o uso industrial muito disseminado. Nos últimos anos a demanda deste elemento tem sofrido uma mudança quanto ao tipo de utilização. Seu emprego como aditivo nos combustíveis e em tintas tem diminuído bastante, porém seu uso em processos industriais aumentou de forma significativa (PAOLIELLO e CHASIN, 2001). É encontrado difundido no ambiente e também em alimentos e bebidas sob a forma de chumbo metálico, íon, sais inorgânicos e compostos organometálicos. O elemento não apresenta nenhuma função essencial, mas muitos efeitos adversos, incluindo a neurotoxicidade. O chumbo não é facilmente extraído do solo para as plantas. Nestas, sua presença ocorre mais por causa da poluição ambiental, que leva à contaminação da superfície da planta (MAIHARA *et al*, 2012).

A via primária de exposição para a população em geral é o alimento; para grupos expostos ocupacionalmente, a inalação. Os alimentos mais importantes do ponto de vista de exposição ao chumbo são as frutas, vegetais folhosos, cereais, moluscos e vinho (MAIHARA *et al*, 2012). Os efeitos tóxicos do chumbo envolvem muitos órgãos e são consequência de uma variedade de defeitos bioquímicos. O chumbo armazena-se nos ossos e é liberado ao longo do tempo, especialmente durante a gravidez, amamentação e após a menopausa. Os principais efeitos do chumbo são exercidos sobre o sistema cardiovascular, renal, imunológico e reprodutivo, o metal comumente se acumula nos ossos e dentes. Foi também

identificado como possível agente cancerígeno, sendo que o sistema nervoso é especialmente sensível ao chumbo (WHITE *et al.*, 2007).

#### **2.13.4 Níquel**

O níquel pode ser liberado no meio ambiente por fontes naturais e antropogênicas e, após circular por vários ambientes é transportado biologicamente para os organismos vivos. Ele ingressa no solo e na superfície da água pela erosão e pela dissolução de pedras e solos, assim como por precipitação atmosférica, processos industriais, queima de combustíveis fósseis e aplicação de fertilizantes. Em seres humanos, o níquel pode ser absorvido pelos pulmões, trato gastrointestinal e pele, sendo que a exposição primária ao elemento é derivada dos alimentos e da água de beber (SCHAUMLOFFEL, 2012).

#### **2.13.5 Manganês**

O manganês é um mineral essencial para os humanos e outros animais, necessário para o metabolismo de macronutrientes, formação de tecidos e ossos, além de processos reprodutivos (SILVA *et al.*, 2012). É um elemento bastante encontrado na natureza, estando presente em rochas, solos, água e alimentos. O manganês apresenta um importante papel no sistema imune, na homeostase sanguínea de glicose, na regulação da adenosina trifosfato (ATP), no crescimento e no desenvolvimento corpóreo; é necessário para a formação dos tecidos conectivo e ósseo, além de ser importante na absorção do cálcio e na manutenção do funcionamento adequado do cérebro (CALLOU & COZZOLINO, 2013).

Além disto, é um importante elemento traço envolvido na mineralização dos ossos e cartilagens, especialmente para as crianças em crescimento. Nos alimentos, as fontes mais ricas em manganês são os grãos integrais, aveia, leguminosas, amêndoas, nozes e chás. As olerícolas são fontes moderadas (SILVA; DONADIO; COZZOLINO, 2012).

### **2.13.6 Zinco**

O Zinco é o elemento-traço mais abundante no corpo humano. Participa da síntese e da degradação de carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos, e desempenha função primordial na transcrição de polinucleotídeos e, conseqüentemente, na regulação da expressão gênica (YUYAMA *et al*, 2012).

Diversos aspectos do metabolismo celular são dependentes do zinco. Cerca de 100 enzimas dependem de zinco para realização de reações químicas imprescindíveis. O elemento apresenta importância do ponto de vista nutricional, como no crescimento, na resposta imune do organismo, na função neurológica e na reprodução. Além dessas funções, o zinco atua na estrutura das proteínas e membranas celulares e também está envolvido na expressão dos genes, na síntese de hormônios e na transmissão de impulsos nervosos (MARREIRO, 2013).

As principais fontes alimentares de zinco são ostras, camarão, carnes bovina, de frango e de peixe, fígado, gérmen de trigo, grãos integrais, castanhas, cereais, legumes e tubérculos; frutas, hortaliças e outros vegetais em geral são fontes pobres em zinco (YUYAMA *et al*, 2012).

### **2.13.7 Cobre**

O cobre é um excelente antioxidante, além de componente de diversas enzimas envolvidas na produção de energia celular, na formação de tecidos conectivos e na produção de melanina. A funcionalidade do cobre como receptor e doador de elétrons é reconhecida em reações redox que ocorrem na respiração mitocondrial, na síntese de melanina e nas ligações cruzadas do colágeno (PUIG & THIELE, 2002). Esse mineral atua também como componente de metaloenzimas e enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD), lisil oxidase, citocromo c oxidase. Considerando esses aspectos, entende-se por que todos os organismos necessitam de cobre para os processos biológicos envolvidos na respiração, no transporte de ferro, na proteção contra o estresse oxidativo, na formação óssea e de vasos sanguíneos, na coagulação sanguínea e no crescimento celular (SCHWARZSCHILD & MEDEIROS, 2013).

O cobre está amplamente distribuído nos alimentos, e suas melhores fontes são: fígado, mexilhões, ostras, cereais integrais. A maior parte dos grãos, dos produtos à base de chocolate, das frutas e vegetais, como frutas secas, cogumelos, tomate, banana, uva, batatas e a maioria das carnes apresenta quantidades intermediárias de cobre (PEDROSA *et al*, 2012).

### **2.13.8 Cromo**

O cromo é um mineral traço amplamente distribuído no solo, em geral na forma de cromito (SILVA *et al*, 2012) é encontrado naturalmente em rochas, animais, plantas, gases e poeiras vulcânicas e entra em várias matrizes ambientais, como no ar, na água, e nos solos, nas formas trivalente e hexavalente, por meio de uma ampla variedade de fontes naturais e antropogênicas. Ambas as formas podem entrar no meio ambiente como resultado da descarga das indústrias de aço, da galvanoplastia, do curtimento, da oxidação e do tingimento realizados por indústrias químicas (ROCHA *et al*, 2013).

O cromo está presente nos alimentos na forma inorgânica ou em complexos orgânicos. É amplamente distribuído em diversos tipos de alimentos, as fontes alimentares de cromo trivalente incluem mariscos, ostras, carne, frutas e hortaliças (ROCHA *et al*, 2013). O cromo potencializa os efeitos da insulina, além de desempenhar o papel de ativador das enzimas e na estabilização das proteínas e ácidos nucleicos (SILVA *et al*, 2012).

### **2.13.9 Selênio**

O Selênio é um mineral essencial para o homem em microquantidade (MARTENS *et al*, 2012). Dentre as funções desempenhadas pelo selênio, destacam-se a participação na síntese de hormônios tireoidianos a ação antioxidante e o auxílio a enzimas que dependem do selênio para terem um bom funcionamento. O selênio é um componente da glutathione peroxidase sendo portanto um defensor das células contra a ação dos agentes oxidantes, como o fazem a vitamina E. A quantidade de selênio em alimentos é muito variável entre diferentes localidades. Sua concentração nos solos é responsável por um ciclo que afeta tanto os animais que consomem as pastagens quanto alimentos vegetais, nos quais a quantidade do

elemento-traço é dependente do solo. Alimentos como castanha do Brasil e o rim bovino são considerados as melhores fontes de selênio. Frutas e hortaliças em geral são pobres em selênio (COMINETTI, 2013).

### **2.13.10 Urânio**

O radioisótopo de urânio é liberado para atmosfera, solo e água através do intemperismo das rochas. Os radionuclídeos quando introduzidos na água ou na atmosfera são dispersos, diluídos, espacialmente distribuídos e finalmente acumulados em componentes específicos do meio ambiente (BONOTTO, 2003). A contaminação por urânio não acontece apenas em acidentes, mas também por meio da alimentação. Os fertilizantes ricos em fósforo podem conter certos elementos como o urânio que se configura como uma fonte antropogênica deste radioisótopo ao meio ambiente, os vegetais tendem a absorver e acumular esse elemento proveniente do solo (MARTOS, 2014). A ingestão diária, por anos a fio, de alimentos que contenham urânio, leva ao acúmulo deste no organismo, principalmente nos ossos (ARRUDA NETO, 2001).

### **2.13.11 Métodos Analíticos para Determinação de Elementos-traço**

São encontrados na literatura vários métodos analíticos adequados para a determinação dos elementos minerais nos alimentos que variam muito em custo, facilidade de operação e desempenho analítico. Os limites de quantificação relatados para cada um dos métodos instrumentais irá variar consoante às etapas de preparação de amostra e o instrumental utilizado. Os métodos instrumentais mais utilizados são a Espectrometria de Massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), a espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GFAAS) e a espectrometria de absorção atômica com geração de hidretos (GH-AAS). O ICP-MS é claramente o melhor método em termos de desempenho analítico, porque é uma técnica estável e robusta que proporciona baixos limites de quantificação e uma ampla faixa dinâmica linear. Embora este equipamento seja caro, a capacidade do ICPMS para medir muitos elementos simultaneamente pode compensar esses fatores de custo (EFSA, 2009).

A espectrometria de massas é uma técnica analítica que permite separar espécies iônicas pela razão massa/carga ( $m/z$ ). Sua capacidade de identificação é usada para íons de elementos compostos simples e moléculas complexas. A técnica utiliza uma alta energia de plasma de argônio (8000 K) para converter os componentes da amostra aos seus componentes elementares que são então ionizados e transportados para o espectrômetro de massa para a detecção e quantificação seletiva. O ICP-MS é amplamente utilizado para a determinação de metais em alimentos (JULSHAMN *et al.*, 2007).

O ICP-MS é a mais sensível das técnicas instrumentais para a determinação de metais e tem a habilidade de quantificar de forma confiável os analitos nos alimentos em concentrações de 0,01 mg/kg de matéria seca. Quando necessário, limites de quantificação inferiores são facilmente alcançáveis com ICP-MS (EFSA, 2009).

As mudanças nas concentrações de metais pesados nas amostras devido à contaminação e perdas são os maiores problemas na determinação destes metais. Elementos traço como zinco, chumbo e cobre estão presentes por toda parte e muitos laboratórios estão contaminados por mercúrio. O mercúrio pode contaminar amostras de água do mar ao permear através de frascos de polietileno em um laboratório contaminado. Alguns pesquisadores sugerem que materiais como polietileno e Teflon® somente devem ser utilizados após comprovar-se que não liberam metais pesados (MILLANI *et al.*, 2005).

A qualidade da água utilizada na determinação dos elementos-traço é de suma importância, pois ela pode influenciar decisivamente a análise, devido à presença de contaminantes em sua composição, sejam eles metálicos ou não. Por isso um sistema de purificação de água eficiente é essencial para a determinação de metais pesados. O sistema de purificação de água deve fornecer água ultrapura, sem flutuação de qualidade, o que contribui para obter a resolução e reprodutibilidade que as técnicas analíticas requerem. Os reagentes utilizados na análise devem ser de alto grau de pureza (MILLANI *et al.*, 2005).

A determinação de metais em matrizes alimentícias exige extenso trabalho de preparo de amostras e tratamentos de extração ou digestão antes de sua quantificação por técnicas instrumentais (BOARETTO *et al.*, 2009). Vários métodos são sugeridos para determinar metais em amostras de alimentos, porém, o mais recomendado refere-se à digestão da amostra. Recentemente, a radiação micro-

ondas vem sendo usada para a digestão ácida como uma efetiva alternativa ao procedimento de digestão convencional (FENG et al., 1999; BAKKALI et al., 2009).

As principais formas para a digestão de amostras são a via úmida em sistema aberto e a digestão seca. A decomposição por via seca é provavelmente o mais simples de todos os tipos de digestão. Envolve o aquecimento da amostra em mufla a 450 a 550 °C, permitindo a incineração da matéria orgânica. Após a decomposição, o resíduo é dissolvido em solução de ácido diluído e transferido para um frasco volumétrico antes da análise. Esta técnica é interessante em função da possibilidade de ser empregado um grande volume de amostra, para posteriormente ser dissolvido em pequeno volume de ácido antes da determinação, o que diminui a diluição e permite determinação de elementos presentes em baixas concentrações. Outras vantagens são a não necessidade de emprego de reagentes e o baixo tempo de atenção exigido do operador. No entanto, o método pode também levar a perdas de elementos voláteis. Apesar de haver a possibilidade de adição de compostos que visem retardar as perdas desses elementos, existem outros inconvenientes para essa técnica, que por isso não vem sendo utilizada com muita frequência, devido a necessidade de muito tempo para a queima de alguns materiais; alto gasto de energia; dificuldade na dissolução dos materiais após a queima; e possibilidade de contaminação externa (NOGUEIRA, 2003).

A digestão seca apresenta como vantagens a simplicidade de execução, a possibilidade da determinação de vários elementos no material digerido, além de não poluir o ambiente do laboratório com vapores tóxicos. A digestão por via úmida em sistema aberto consiste na oxidação da matéria orgânica do tecido vegetal com ácidos minerais concentrados e a quente. Os ácidos clorídrico, nítrico, perclórico e sulfúrico são utilizados individualmente ou misturados. Essa via de digestão pode apresentar alto consumo de reagentes, além de oferecer riscos químicos e de explosão, associado ao ácido perclórico (MIYAZAWA et al., 2009).

Dentre os métodos a altas temperaturas empregados em via úmida destacam-se o aquecimento por convecção (blocos digestores, chama ou fornos convencionais) e por microondas, normalmente empregando ácidos minerais oxidantes e peróxido de hidrogênio. Métodos em via úmida a baixas temperaturas também são empregados, como método de Fenton (formação de radical a partir da reação entre  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), métodos enzimáticos, decomposição com surfactantes e irradiação por ultravioleta. As microondas são ondas eletromagnéticas que cobrem

uma faixa de frequência do espectro eletromagnético que varia de 300 a 300.000 MHz. Quando um material não transparente às microondas absorve este tipo de radiação, o material pode sofrer um aumento considerável na sua temperatura, devido, principalmente, à interação da radiação eletromagnética com os íons dissolvidos e com o solvente, provocando *migração iônica* e *rotação de dipolos*. A ocorrência deste dois processos, que ocorrem quando as microondas interagem com a solução de um ácido (ou mistura de ácidos) usado para a digestão da amostra de interesse, resulta em um movimento molecular no material, que também contribui para o aquecimento do mesmo (NOGUEIRA, 2003).

Dessa forma, como alternativa de otimização da técnica fornos de microondas têm sido utilizados para realizar a digestão úmida por via fechada em uma variedade de amostras de alimentos como uma alternativa eficaz aos processos clássicos de digestão. Os fornos de micro-ondas proporcionam menor risco de contaminação das amostras, minimizam perdas de analitos voláteis, usam pequena quantidade de ácidos e diminuem consideravelmente o tempo de digestão quando comparado aos métodos convencionais (FENG et al., 1999; BAKKALI et al., 2009).

Quanto ao preparo do material a ser analisado, segundo Bakkali et al. (2009), a digestão através de chapa de aquecimento ou bloco digestor são duas metodologias muito utilizadas para diferentes tipos de amostras de alimentos. No entanto, estes procedimentos apresentam desvantagens, tais como longo tempo de processamento da amostra e riscos consideráveis. Nos últimos anos, os fornos de micro-ondas vêm sendo utilizados para a digestão ácida dessas amostras como uma alternativa eficaz para os procedimentos de digestão clássica. A digestão ácida assistida por radiação micro-ondas é menos propensa à contaminação, minimiza perdas de analitos voláteis, menor consumo de reagentes de alta pureza e reduz o tempo de digestão, em relação aos métodos tradicionais. Essas características possibilitam melhorar a exatidão e precisão dos resultados obtidos.

## **2.14 Validação de Metodologia Analítica**

Com a finalidade de comprovar que os métodos são adequados para o uso pretendido, os métodos não normalizados devem ser validados (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2010). Para a validação de um método analítico quantitativo, não normalizado, levam-se em conta os seguintes parâmetros:

linearidade, efeito de matriz, seletividade, veracidade, precisão, limite de detecção e limite de quantificação do método (SOUZA, 2007).

A linearidade do método é verificada por meio da regressão linear simples ou método dos mínimos quadrados ordinários (MMQO) (SOUZA; JUNQUEIRA, 2005).

Sob o ponto de vista experimental, a avaliação da linearidade consiste em construir uma curva de calibração estabelecida com pelo menos seis níveis de concentrações (abscissa), incluindo ou não o ponto zero, e suas absorvâncias (ordenada). As soluções de cada concentração são preparadas em triplicatas independentes, isto é, não constituem repetições de leitura. As amostras devem ser lidas em ordem aleatória (SOUZA; JUNQUEIRA, 2005).

O delineamento experimental para testes de efeitos de matriz consiste do preparo de curvas de calibração usuais (curvas de analito em solventes), e curvas de materiais de referência ou de adição de analito, em amostras brancas ou não (curvas de analito em matriz), com concentrações idênticas ou abrangendo a mesma faixa de concentração (SOUZA, 2007).

Consideram-se amostras brancas aquelas de matrizes isentas do analito, ou para as quais o analito não tenha sido detectado. O uso de amostras típicas de cada matriz é fundamental para excluir a possibilidade de efeitos de matriz, que diferem em magnitude de uma amostra para a outra. As curvas de analito em matriz são preparadas por adição do analito a soluções teste, obtidas de amostras ensaiadas nas mesmas condições dos procedimentos normais. Isto, para que as quantidades e as características dos interferentes presentes no extrato final de uma amostra sejam reproduzidas nas curvas. É importante observar que, não somente os interferentes provenientes da matriz são avaliados nestes experimentos, mas também todos aqueles provenientes de materiais, reagentes e soluções utilizados no preparo das amostras (SOUZA, 2007).

Apesar dos estudos de efeitos de matriz garantir uma avaliação parcial da seletividade do método, em relação aos interferentes presentes na amostra e no processo analítico, outras interferências também poderão acontecer. Entender os diferentes mecanismos que causam interferências pode ajudar na estruturação dos experimentos complementares para avaliação da seletividade e, também, na identificação de soluções para os problemas encontrados. Estudos da seletividade são usualmente limitados pelo conhecimento sobre o analito e potenciais interferentes. Há casos em que interferências químicas podem ser identificadas para

um método em particular, mas as chances de serem encontradas na prática podem ser improváveis. Da mesma forma, é muito difícil determinar que não exista interferentes, uma vez que a possibilidade de sempre encontrar um interferente não é reconhecida previamente. Assim, os analistas devem equilibrar, com base em tempo, custos e benefícios, a busca por interferentes no processo de validação (RIBANI et al., 2004).

Experimentos para avaliação de veracidade envolvem ensaios com materiais de referência certificados ou não, amostras brancas e adicionadas, enquanto na verificação da precisão são necessários ensaios replicados, sob condições preestabelecidas de repetitividade e reprodutibilidade parcial (SOUZA, 2007).

Na área de alimentos, materiais de referência certificados são poucos e de custo elevado, principalmente devido às dificuldades no preparo, homogeneização e garantia de estabilidade durante armazenamento e transporte. Quando não há material de referência certificado disponível, uma amostra branca da matriz de interesse pode ser adicionada de quantidades conhecidas de analito na forma de material puro (ou de pureza conhecida) e estável, ou de outro material bem caracterizado, para realização de ensaios de recuperação aparente (SOUZA, 2007).

A recuperação do analito pode ser estimada pela análise de amostras fortificadas com quantidades conhecidas do mesmo (spike). As amostras podem ser fortificadas com o analito em pelo menos três diferentes concentrações: baixa, média e alta, da faixa de uso do método (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2010).

Quando são realizadas medidas em amostras com baixos níveis do analito, como por exemplo, análise de traços, é importante saber qual o menor valor de concentração do analito que pode ser detectado pelo método (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2010).

O limite de detecção (LD) representa a menor concentração da substância em exame que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, utilizando um determinado procedimento experimental (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2010).

O limite de quantificação (LQ) é a menor concentração do analito que pode ser determinada com um nível aceitável de exatidão e precisão. Pode ser considerado como sendo a média das respostas obtidas para amostras brancas mais cinco, seis ou dez desvios padrão, considerando análise de sete ou mais

amostras de branco. Este limite, após ter sido determinado, deve ser testado para averiguar se a exatidão e a precisão conseguidas são satisfatórias (SOUZA, 2007).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

##### **3.1.1 Delineamento experimental**

A escolha de tomate e cenoura para serem utilizadas como matriz representativa do trabalho justificou-se por serem estas amplamente utilizadas na composição dos cardápios da alimentação escolar, principalmente na forma de salada crua, tendo boa aceitação pelo público em questão.

Em relação à cenoura foi utilizado a cultivar Brasília e o tomate foi utilizado a cultivar Santa Clara do grupo Santa Cruz. No caso das amostras orgânicas, as cenouras foram colhidas após 95 dias de cultivo, sendo os sinais de amadurecimento o amarelecimento e o secamento das folhas inferiores, indicando sua maturidade (FILGUEIRA, 2007). Já para o tomate, o estágio de maturação foi vermelho maduro (quando mais de 90 % da superfície do fruto encontra-se vermelha), conforme Anexo XVII da Portaria SARC nº 085/02 do MAPA (BRASIL, 2002).

As amostras de tomate e de cenoura orgânica de cada um dos cultivares foram produzidos por agricultores familiares e adquiridos diretamente do produtor sendo produzidas no município de Capim Branco-MG. O tomate produzido neste local apresenta certificação de produção orgânica conferida pelo Instituto Biodinâmico (IBD).

As amostras do sistema convencional foram produzidas na cidade de Carandaí - MG (tomate) e em São Gotardo - MG (cenoura) e foram adquiridos no entreposto CEASA-MG (Central de Abastecimento de Minas Gerais S.A.), Unidade Grande BH.

A cenoura e tomate foram transportados até o laboratório de Bromatologia UPAA/ALM/FAFAR em caixas plásticas, acondicionados em sacos de polietileno.

Cada lote contendo aproximadamente 2 Kg de tomate e cenoura foram divididos e armazenados separadamente, de acordo com as análises às quais

seriam submetidos. Sendo assim, 660 g de cenoura foram separadas para análise de carotenoides, 660 g para análise de composição físico-química e 660 g para análise de minerais.

As amostras foram lavadas com água deionizada e secas em papel toalha. Em seguida retiraram-se as extremidades (pontas) da cenoura, essas foram picadas e processadas (Cutter Sire) até completa homogeneização e finalmente quarteadas. Para o tomate, após a retirada do pedúnculo, as amostras foram processadas (Cutter Sire) e a polpa armazenada em freezer (Electrolux FE22) a  $-18^{\circ}\text{C} (\pm 2^{\circ}\text{C})$ .

Para as análises de carotenoides, as amostras de cenoura foram armazenadas a vácuo, inteiras em sacos de polietileno protegidos da luz, em freezer (Electrolux FE22)  $-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  até o momento das análises.

Os lotes de tomate e cenoura foram subdivididos em três sub-lotes, sendo realizadas análises em duplicata de cada sub-lote, perfazendo um total de seis análises por amostra. Para a quantificação dos elementos traço realizou-se previamente a liofilização (Labconco, Freezone 4.5) e cada sub-lote foi analisado em quadruplicata, sendo um total de 12 análises por amostras. Até o momento da realização das análises de composição química (umidade, lipídeos, cinzas, proteínas fibras alimentares, açúcares redutores e não redutores), as amostras foram congeladas em freezer (Electrolux FE22) a  $-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Para as análises de pH, sólidos solúveis, e acidez titulável foram utilizadas amostras frescas. As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam as amostras de cenoura e tomate.

**Figura 2 – Amostra Cenoura Orgânica Cultivar Brasília**



**Figura 3 – Amostra Cenoura Convencional Cultivar Brasília**



**Figura 4 – Amostra Tomate Orgânico Cultivar Santa Clara**



**Figura 5 – Amostra Tomate Convencional Cultivar Santa Clara**



## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Caracterização físico-química**

Foram realizadas análises físico-químicas das amostras de cenoura e tomate, orgânico e convencional, que compreenderam a determinação dos teores de sólidos solúveis totais (°Brix), pH, acidez titulável, relação °Brix/acidez e açúcares redutores e não redutores.

#### **3.2.1.1 Determinação do pH**

A análise do pH foi feita em medidor de pH (potenciômetro Digimed DM-22) (AOAC,2012), com o aparelho previamente calibrado, operando-o de acordo com as instruções de trabalho do fabricante.

#### **3.2.1.2 Determinação da Acidez Titulável em Ácido Orgânico**

A determinação da acidez foi realizada por titulação com solução de NaOH a 0,1 mol/L, e o resultado expresso em g de ácido málico/100g (%) (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2012) para cenoura e em g de ácido cítrico/100 g (%) para o tomate.

Porções de 10 g de amostras foram trituradas em processador (Arno Duetto, WWBC) com 90 mL de água deionizada, filtradas e tituladas imediatamente e sob

agitação constante com solução de NaOH a 0,1 mol/L padronizado, até atingir a coloração rósea persistente, tendo como indicador a solução de fenolftaleína a 1 %.O resultado foi expresso pela seguinte fórmula:

$$\text{Acidez (g de ácido málico/100g)} = \frac{V \times F \times M \times PM}{10 \times P \times n}$$

V = volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação em mL;

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio;

P = massa da amostra em g;

MM = massa molecular do ácido málico (134 g) / ácido cítrico (192 g);

n = número de hidrogênios ionizáveis do ácido málico (2) / ácido cítrico (3);

F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio.

### 3.2.1.3 Determinação de Sólidos Solúveis Totais (SST)

A determinação de Sólidos Solúveis Totais (SST) foi realizada em refratômetro manual (Instrutemp, RT-30ATC), de acordo com a metodologia do AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2012). Foram transferidas 3 a 4 gotas de amostra macerada para o prisma do refratômetro e realizada a leitura diretamente na escala em °Brix. O resultado foi corrigido em relação à temperatura ambiente (25 °C).

### 3.2.1.4 Relação °Brix/Acidez

A relação °Brix/Acidez foi calculada de acordo com metodologia do IAL (IAL, 2008). Este método baseia-se no cálculo da relação °Brix por acidez determinada e expressa em ácido orgânico. Esta relação foi utilizada como uma indicação do grau de maturação da matéria prima e foi obtida por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Relação } ^\circ\text{Brix/acidez} = \frac{^\circ\text{Brix}}{\text{acidez total}}$$

### 3.2.1.5 Açúcares Redutores e não Redutores

As análises de açúcares redutores e não redutores foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Miller (1959) empregando-se o ácido 3,5-Dinitrosalicílico (DNS). Nesta análise, o reagente DNS foi adicionado às amostras, aquecendo-se a 100 °C, e posterior diluição em água deionizada, seguida da análise da absorvidade do composto formado a 540nm em espectrofotômetro (Micronal AJX-1900).

A carbonila livre de aldoses e cetoses reage por oxi-redução com o ácido 3,5 dinitrosalicílico (cor amarelo) em meio alcalino, e este é reduzido a um composto colorido castanho-alaranjado, o ácido 3-amino-5-nitrosalicílico, cuja densidade ótica é proporcional à sua concentração na solução de dosagem e, portanto também proporcional à concentração de glicose oxidada (MALDONADE; CARVALHO; FERREIRA, 2013).

### 3.2.2 Composição Química da Amostra

As análises da composição química das amostras foram realizadas de acordo com os métodos descritos na AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2012). Sendo assim, o teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa ventilada (Quimis, Q31M242) a 70 °C, até massa constante. A determinação dos lipídeos totais foi realizada em extrator de matéria graxa (Quimis, Q308G26), empregando-se éter etílico como solvente extrator (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 2012). Para a quantificação das proteínas totais, foi empregado o digestor (Gerhardt Bonn, TR) e destilador de proteínas (Marconi, MA036), seguindo a técnica de micro-kjedahl, empregando-se o fator de conversão de nitrogênio de 6,25. Na análise do teor de cinzas totais, as amostras foram incineradas em mufla (Coel, UL 1400,) a 550 °C. A determinação do teor de fibra alimentar solúvel e insolúvel foi realizada empregando-se a digestão enzimática (alfa-amilase termorresistente, pepsina e pancreatina) com posterior filtração e precipitação da fibra solúvel com álcool etílico. Os cadinhos utilizados na filtração foram secos em estufa ventilada (Quimis, Q31M242) a 105 °C por 8 horas e pesados. Parte dos cadinhos foi incinerada em mufla (Coel, UL 1400) a 550 °C e parte foi utilizada para determinação das proteínas não digeridas empregando-se a

técnica de micro-kjedahl nas mesmas condições descritas acima (PROSKY et al., 1992). O teor de carboidratos foi calculado por diferença percentual, subtraindo-se do total da soma de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas.

### **3.2.3 Análise de Elementos traço**

#### **3.2.3.1 Método**

Foram determinados os elementos Cr, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, As, U, Se, Ni, nas amostras de cenoura e tomate, convencional e orgânica. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Espectrometria de massas do Serviço de Reator e técnicas Analíticas (SERTA) no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN). As amostras processadas foram liofilizadas no laboratório de Bromatologia – UPAA. Uma porção de 25 g de amostra congelada a -18°C foi pesada em tubos falcon novos e liofilizada (Labconco, Freezone 4.5) por um período de 24 horas (cenoura) e 40 horas (tomate).

A liofilização foi realizada como processo necessário para a determinação dos elementos metálicos e não-metálicos, As e Se, visando a sua concentração na amostra seca. Após a liofilização, as amostras foram transportadas ao CDTN, onde foram pulverizadas em moinho de aço inoxidável (RetshGrindomix, GM200). A amostra pulverizada foi transferida para um recipiente limpo, de propileno com tampa, mantido em dessecador. Inicialmente, foi construída uma curva analítica para cada elemento traço partindo-se de uma solução padrão estoque que foi utilizada para o preparo das soluções padrão de trabalho.

As amostras foram submetidas à digestão ácida em forno de micro-ondas (Multiwave 3000 - Anton Paar) antes da análise. Ácido nítrico a 69,5 % PA (p/p) foi usado para o preparo de todas as soluções padrão e na preservação e diluição das amostras.

#### **3.2.3.2 Digestão do material padrão de referência certificado e das amostras**

A partir de revisões bibliográficas (DALA PAULA, 2012; FEUDO *et al.*, 2010; TERMMERMAN; WAEGENEERS, 2012) de amostras com características semelhantes obteve-se possíveis condições de digestões, as quais foram testadas até se estabelecer uma condição de melhor recuperação da amostra de referência.

A qualidade da recuperação foi avaliada pela percentagem de recuperação ou tendência dos analitos na amostra certificada aplicando-se a equação (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, 2010):

$$\text{Recuperação} = \frac{\text{valor medido}}{\text{valor certificado}} \times 100 \%$$

Para avaliação das condições de digestão das amostras e análise instrumental, a amostra de referência folhas de poplar, NCS DC73350, (Iron & Steel) Centro Nacional de Análises da China foi analisada juntamente com as amostras das hortaliças.

Foram pesados em balança analítica (Mettler Toledo, AG 245) 0,2000 g da amostra em um vaso de teflon próprio para uso em digestor micro-ondas. Adicionou-se 4,0 mL de ácido nítrico 65 % P.A (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) à amostra, seguida de homogeneização e pré-digestão por 24 horas em temperatura ambiente. Em seguida à amostra pré-digerida foram adicionados 2,0 mL de peróxido de hidrogênio 30 % P.A (Merck, Darmstadt, Alemanha) e 0,1 mL de ácido fluorídrico 40 % P.A. (Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA), homogeneizando-se ao final. O vaso de teflon foi então transferido ao forno de micro-ondas (Multiwave 3000 - Anton Paar), onde foi submetido ao parâmetro de digestão (adaptado de DALA PAULA, 2012) conforme especificado na Tabela 3.

**Tabela 3 – Parâmetros de digestão em forno micro-ondas para amostras de hortaliças**

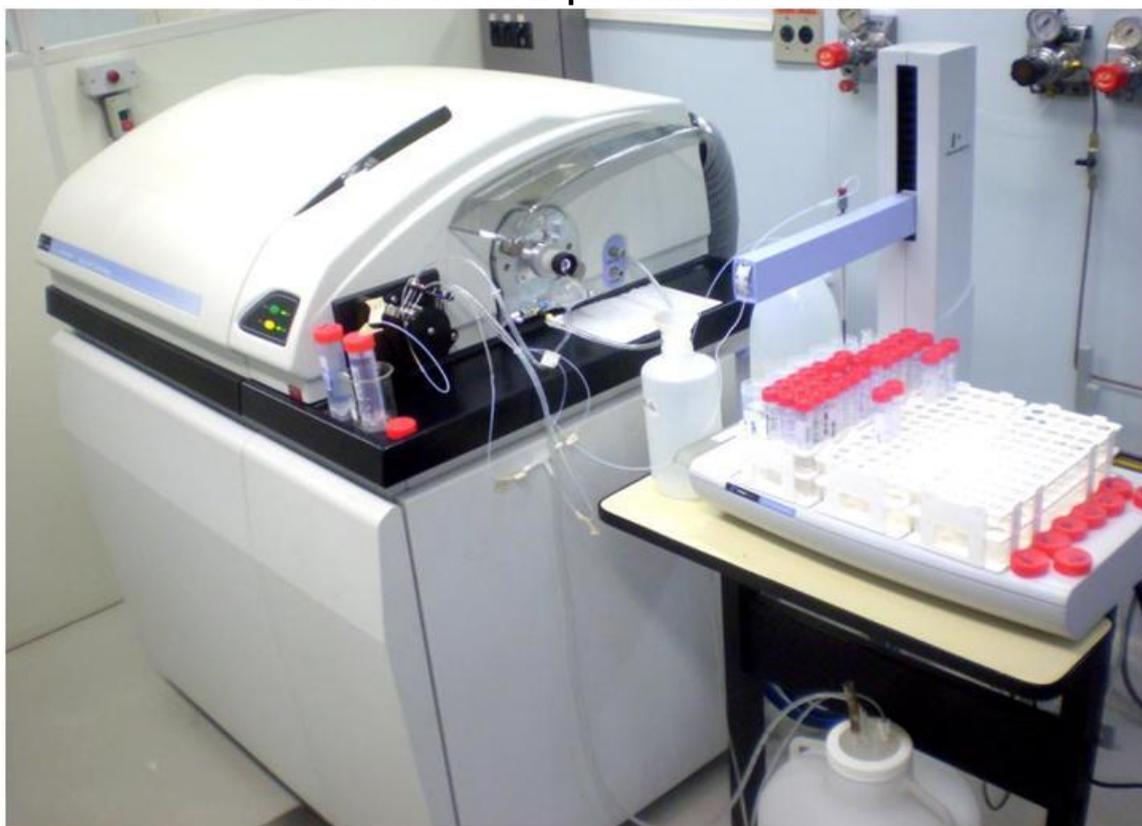
Potência (W)	Rampa <sup>(1)</sup> (min)	Tempo de permanência <sup>(2)</sup> (min)	Tempo de ventilação (min)
250	3	1:30	1
500	3	5:00	1
900	3	5:00	2
0	-	15	3

(1) Rampa: tempo necessário para o forno de micro-ondas alcançar a potência pré estabelecida;

(2) tempo de permanência: tempo em que o forno de micro-ondas permanece ligado com a potência estabelecida.

A amostra digerida foi quantitativamente transferida para um tubo de polipropileno graduado com capacidade de armazenamento de 50 mL. O volume foi acertado com água Milli-Q ultra pura (18,2 M $\Omega$  cm, Millipore, Belford, MA, EUA) para 25,0 mL e a solução homogeneizada. Após centrifugação por 10 minutos à 2500 rpm para decantação de partículas suspensas uma alíquota da amostra foi retirada, diluída cinco vezes e filtrada em membrana filtrante 0,45  $\mu$ m tipo HAWP Millipore (São Paulo, SP). Dessa forma, as amostras filtradas foram encaminhadas para análise de elementos traço no equipamento Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado com o sistema ELAN DRC-e e o amostrador automático AS 10 (Figura 6).

**Figura 6 - Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado com o sistema ELAN DRC-e e o amostrador automático AS 10 – Perkin Elmer SCIEX do Laboratório de Espectrometria de Massa**



Fonte: DALA PAULA, 2012.

Os mesmos procedimentos analíticos foram executados com o MRC para se verificar a veracidade do método.

### 3.2.3.3 Análises de Elementos traço por ICP-MS

Os elementos As, Cr, Mn, Cu, Cd, Pb, Ni, Zn, U, Se foram determinados quantitativamente empregando-se o ICP-MS, sendo utilizado o padrão multielementar de calibração Standard 3, solução N9301720 pureplus (sem mercúrio) (Perkin Elmer, Massachusetts, EUA) a 1 % (v/v) de ácido nítrico 69,5 % (p/p) ultrapuro (Fluka, Buchs, Suíça), para a construção da curva de calibração. Gás de argônio 99,999 % de pureza, adquirido pela White Martins® foi utilizado para o plasma, nebulização da amostra e como gás auxiliar. Uma solução padrão multielementar (Smart Tune solução-N8125040-Perkin Elmer, Massachusetts, EUA) foi utilizada para avaliação de desempenho diário, calibração de voltagem da lente e otimização de fluxo de gás no nebulizador. Para verificação da veracidade do método utilizou-se o Material de Referência Certificado (MRC), para escopo similar folhas de poplar, NCS DC73350, (Iron & Steel) Centro Nacional de Análises da China. Germânio (50 µg/mL) e hólmio (10 µg/mL) foram utilizados como padrões internos. Foram construídas curvas de calibração sem e com adição de padrão interno para avaliar as diferenças na recuperação dos analitos.. As condições instrumentais utilizadas no equipamento de ICP-MS utilizadas para as determinações quantitativas dos metais traços estão listadas na Tabela 4.

**Tabela 4 – Parâmetros e condições instrumentais do ICP-MS ELAN DRC-e**

<b>Condições instrumentais</b>	
Potência do plasma	1400 W
Fluxo de ar no plasma	16 L/min
Fluxo de ar como gás auxiliar	1,10 L/min
Fluxo de ar no nebulizador	0,78 L/min
Voltagem das lentes	6,5 V
Voltagem da fase analógica	-1650 V
Voltagem da fase do pulso	1200 V
Discriminador limiar (threshold)	19
<b>Parâmetros de aquisição</b>	
Tempo de integração (dwell time)	50 ms
Varreduras por leitura	20
Leituras por replicata	1
Replicatas	4

### 3.2.3.4 Avaliação de desempenho do método

Os estudos de desempenho foram conduzidos conforme procedimento descrito por Souza, Junqueira (2005), Souza, Junqueira (2007). Linearidade foi avaliada na faixa de 0,5 a 10 µg/L utilizando padrão multielementar de calibração Standard 3, solução N9301720 pureplus (sem mercúrio) (Perkin Elmer, Massachusetts, EUA) a 1 % (v/v) de ácido nítrico 69,5 % (p/p). Devido a disponibilidade de material de referência certificado (MRC) para escopo similar (folhas de *poplar*, NCS DC73350 - Iron & Steel - Centro Nacional de Análises da China), a avaliação de desempenho foi feita por meio de estudos dos parâmetros de veracidade e precisão, sob condições de repetitividade. Assim, o MRC foi analisado em triplicata sob condições de repetitividade. Limite de detecção e quantificação foram determinados como o menor ponto da curva.

### 3.2.4 Análise de Carotenoides Totais

#### 3.2.4.1 Reagentes e Soluções

Hexano grau para análise (PA) foi adquirido da Panreac (Barcelona, Espanha), Acetona PA foi obtida da Synth (São Paulo, Brasil), Celite da Synth (São Paulo, Brasil) e sulfato de sódio anidro PA da Vetec (Rio de Janeiro, Brasil).  $\beta$ -caroteno foi adquirido da Sigma-Aldrich (St. Louis, Estados Unidos). Água ultra-pura foi obtida do sistema de purificação de água (Millipore Direct Q 3UV).

As soluções estoque de padrão de  $\beta$ -caroteno (0,8 mg/mL) foram preparadas pesando-se em balança (SHIMADZU AUX220) 0,02 g do padrão de  $\beta$ -caroteno, sendo realizada a solubilização em hexano para 25 mL. A Solução intermediária (240 µg/mL) foi preparada a partir da diluição para 25 mL em hexano de uma alíquota de 7,5 mL (macropipeta HTL Lab Solutions LM10000) da solução estoque. As soluções foram preparadas a cada uso, empregando vidraria volumétrica calibrada e em ambiente com restrição da incidência de luz.

### 3.2.4.2 Método de Análise de Carotenoides

A determinação de carotenoides totais foi conduzida conforme procedimento descrito por Rodriguez-Amaya et al. (1976), com adaptações. Os procedimentos para determinação de carotenoides, a partir da extração das amostras foram determinados tomando-se o cuidado de proteger os pigmentos da incidência de luz difusa.

Foram pesados (balança Shimadzu AUX220) 0,5 g de cenoura em tubo tipo Falcon e acrescentou-se juntamente a amostra 0,05 g de Celite. Adicionou-se 25 mL de acetona PA e homogeneizou-se a 13.000 rpm por 1 minuto (ultra-turrax, IKA, T25 BASIC). Em seguida o extrato foi filtrado a vácuo. O procedimento de extração com 25 mL de acetona PA e filtração foi repetido por mais duas vezes, quando a amostra apresentou-se sem a coloração característica dos carotenoides.

O extrato combinado foi transferido, quantitativamente, para um funil de separação, no qual adicionou-se 40 mL de hexano. Em seguida 3 porções sucessivas de 150 mL de água ultra-pura, foram adicionadas e posteriormente drenadas a cada adição, juntamente com a acetona. A porção de hexano, contendo os carotenoides extraídos foi drenada e filtrada através de sulfato de sódio anidro para remoção da água remanescente. O extrato final foi completado para 42 mL com hexano PA e submetido à leitura espectrofotométrica a 450 nm (espectrofotômetro Micronal AJX-1900).

### 3.2.4.3 Avaliação de Desempenho do Método

Os estudos de desempenho foram conduzidos conforme procedimento descrito por Souza, Junqueira (2005) Souza, Junqueira (2007).

Linearidade e efeitos de matriz foram avaliados pela construção de curvas usual (em solvente) e matrizadas (preparadas com extratos de cenoura convencional e orgânica) na faixa de 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 e 4,2 µg/mL de β-caroteno em hexano equivalentes a 96; 144; 192; 240; 288 e 336 µg/g de carotenoides totais em cenoura. Devido a indisponibilidade de MRC foram realizados ensaios de recuperação com amostras de cenoura orgânica adicionadas de padrão de beta-caroteno para obtenção de 3 níveis 299; 304 e 319 µg/g de carotenoides totais em cenoura, além da amostra nativa sem adição, sendo 12 replicatas. Tais amostras

foram analisadas sob condições de repetitividade e precisão intermediária. Brancos de solventes foram empregados para estimativa dos limites.

### 3.3 Análise Estatística dos Dados

O teste t de Student ( $\alpha = 5\%$ ) foi utilizado para verificar a existência de diferenças significativas na caracterização físico-química das amostras e análise de carotenoides totais entre os tratamentos estudados. A análise estatística foi realizada utilizando o SPSS versão 15.0.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização Físico-Química

Os resultados da caracterização físico química das amostras de cenoura (*Daucus carota* L) e tomate (*Lycopersicum esculentum*) orgânico e convencional analisados estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5 - Caracterização físico química de cenoura (*Daucus carota* L) e tomate (*Lycopersicum esculentum*) orgânico e convencional (Base úmida)**

	Cenoura		Tomate	
	Convencional	Orgânica	Convencional	Orgânica
pH	6,07 <sup>b</sup> ± 0,32	6,45 <sup>a</sup> ± 0,21	4,44 <sup>B</sup> ± 0,16	4,62 <sup>A</sup> ± 0,05
Acidez Titulável (g %)	0,2 <sup>a</sup> ± 0,01	0,19 <sup>a</sup> ± 0,01	0,45 <sup>A</sup> ± 0,02	0,32 <sup>B</sup> ± 0,01
Sólidos Solúveis °Brix (%)	8,2 <sup>a</sup> ± 0,10	7,8 <sup>b</sup> ± 0,16	4,7 <sup>A</sup> ± 0	4,0 <sup>A</sup> ± 0,08
°Brix/acidez	40,73 <sup>a</sup> ± 1,42	40,50 <sup>a</sup> ± 0,91	10,39 <sup>B</sup> ± 0,48	12,05 <sup>A</sup> ± 0,58
Açúcares redutores (%)	2,51 <sup>b</sup> ± 0,39	4,25 <sup>a</sup> ± 0,92	2,05 <sup>B</sup> ± 0,05	2,18 <sup>A</sup> ± 0,05
Açúcar não redutor (%)	4,07 <sup>a</sup> ± 0,44	3,14 <sup>b</sup> ± 0,70	0,09 <sup>A</sup> ± 0,09	0,07 <sup>A</sup> ± 0,05
Açúcares Totais (%)	6,57 <sup>b</sup> ± 0,20	7,35 <sup>a</sup> ± 0,69	2,14 <sup>B</sup> ± 0,05	2,25 <sup>A</sup> ± 0,07

Média de 6 repetições ± desvio-padrão. Médias seguidas por letras diferentes, na linha, para cada amostra são estatisticamente diferentes, pelo teste t de 'Student' ( $p < 0,05$ ).

Os valores de pH encontrados para as amostras de cenoura convencional e orgânica foram de 6,07 e 6,45, respectivamente. Estes dados corroboram com os apresentados na literatura, pois segundo Stumbo<sup>2</sup> (apud ALVES et al., 2010) a

<sup>2</sup> STUMBO, C. R. Thermobacteriology in food processing. New York: Academic Press, 1965.329p.

cenoura é classificada como um alimento pouco ácido, por apresentar pH maior que 4,5.

A acidez titulável determinada nas amostras de cenoura convencional e orgânica foi de 0,19 e 0,2 % em ácido málico, respectivamente, não sendo encontradas diferenças significativas entre os dois sistemas de cultivo. Resultado semelhante de acidez, em relação ao teor de ácido málico, foi encontrado por Alves *et al.* (2010), ao estudarem cenoura do cultivar Brasília.

Em relação aos teores de sólidos solúveis, o maior valor encontrado foi para a cenoura convencional (8,2°Brix), seguida da orgânica (7,8°Brix). Resultados semelhantes (7,2°Brix) foram encontrados por Figueiredo Neto *et al.* (2010), ao avaliarem os efeitos de dois tipos de adubação orgânica sob o cultivo de cenouras da cultivar Brasília na fase pós-colheita desta hortaliça. Ainda, Alves *et al.* (2010) encontraram um valor de 8,63°Brix em cenoura cultivar Brasília produzidos em sistema de cultivo convencional, ao avaliarem os efeitos de diferentes espaçamentos de plantio sobre a qualidade de raízes de três cultivares de cenoura.

Os sólidos solúveis (SS) representam a porcentagem em peso de sólidos que encontram-se dissolvidos no alimento. No caso dos frutos, há uma tendência de aumento do teor de sólidos solúveis com a evolução da maturação, devido ao processo de degradação e/ou biossíntese de polissacarídeos. O teor de sólidos solúveis constitui importante parâmetro sobre o grau de doçura dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de SS é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que seus valores aumentam à medida que esses teores vão se acumulando na fruta (GIORDANO; SILVA; BARBOSA, 2000). A sua quantificação não representa o teor exato dos açúcares, pois outras substâncias também se encontram dissolvidas como as substâncias pécnicas e lignina, em geral cerca de 75 % da matéria seca são carboidratos (BRECHT *et al.*, 2010).

A média dos resultados da relação SS/ATT para cenoura convencional e orgânica foi de 40,73 °Brix/% e 40,50 °Brix/%, respectivamente, não foram encontradas diferenças significativas entre as duas amostras analisadas. Os resultados obtidos no presente trabalho foram superiores aos obtidos por Figueiredo Neto *et al.* (2010) que encontraram 30,8 °Brix/% em cenoura orgânica cultivar Brasília e inferiores aos encontrados por Alves *et al.* (2010), que encontraram relação de °Brix/% de 50,15 para cenoura Brasília. Esta diferença entre os valores

pode ser atribuída à diferença de solo, espaçamento, manejo e temperatura média local (BARROS JÚNIOR, 2005). Elevados valores nesta relação SS/ATT indicam uma excelente combinação de açúcar e ácido que se correlacionam com gosto suave, enquanto que valores baixos, com gosto ácido (ZAMBRANO; MOYEJA; PACHECO, 1996).

Deve-se salientar que a medição apenas do teor de sólidos solúveis não é indicativo seguro do grau de maturação, devendo ser associado a outras características físicas (textura, tamanho, volume de suco) ou determinações químicas, como a acidez, para se ter uma avaliação mais precisa do grau de maturação do vegetal (CHITARRA; CHITARRA 2005; FERREIRA et al., 2010).

Os teores de açúcares redutores (4,25 %) e totais (7,35 %) presentes na cenoura orgânica foram superiores aos registrados para a cenoura convencional - 2,51 % de açúcares redutores e 6,57 % de açúcares totais. A cenoura orgânica apresentou quantidade inferior de açúcares não redutores, 3,14 %, comparando-se com a cenoura convencional, 4,07 %. Além disso, as diferenças encontradas podem ser justificadas por fatores diversos, como tipo de solo, condições climáticas e manejo (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ZAMBRANO; MOYEJA; PACHECO, 1996).

Segundo Lana & Vieira (2000) em cultivares de cenoura do tipo Brasília, o teor de açúcares varia de 4,5 a 12,5 %. Machado *et al.* (2003), ao avaliarem a influência do espaçamento na quantidade de açúcares e SS em cenoura encontraram uma variação entre 3,1 e 3,6 % para a cultivar Nantes e de 3,5 a 3,9 % para a cultivar Alvorada. Tsukakoshi *et al.* (2009) encontraram médias que variaram de 5,41 a 6,26 % de açúcares totais em cenoura cultivadas em várias estações do ano e diferentes regiões do Japão. As diferenças nos teores de açúcares encontradas neste trabalho com o estudo de Machado *et al.* (2003) e Tsukakoshi *et al.* (2009) podem ser explicadas devido a diferença de cultivares e metodologia analítica empregada.

No ponto de maturação da cenoura, a sacarose é o açúcar predominante (SUOJOLA, 2000). Durante o armazenamento de cenoura, carboidratos de alto peso molecular são decompostos em carboidratos de menor peso molecular. O teor de dissacarídeos, como a sacarose decresce durante o armazenamento a longo prazo, enquanto o de monossacarídeos, principalmente glicose e frutose, aumentam (LANA; VIEIRA, 2000; SUOJOLA, 2000).

Considerando que na cenoura de cultivo orgânico, foram determinados os valores mais elevados de açúcar redutor, pode-se sugerir que essa cenoura apresente melhor gosto e maior doçura. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o grau de doçura dos frutos é definido em função da proporção entre os teores de açúcares redutores (glicose + frutose) e açúcar não redutor. A frutose possui maior poder adoçante que a sacarose e a glicose. Sabendo-se a concentração de cada açúcar pode-se conhecer a contribuição deste para caracterizar o gosto final do fruto.

Já para as amostras de tomate, as médias de pH encontradas no presente estudo foram de 4,44 no tomate convencional e 4,62 no de produção orgânica. Estes valores aqui determinados confirmam a classificação dos frutos de tomate como ácidos, segundo Giordano, Silva e Barbosa (2000).

Resultados semelhantes foram relatados por Borguini (2002) ao comparar características químicas de tomate orgânico e convencional dos cultivares Carmem encontrando valores de pH de 4,4 para a convencional e 4,3, para orgânica.

As amostras cultivadas no sistema orgânico podem apresentar valores mais elevados do pH, quando comparados ao convencional, levando a crer que as amostras cultivadas nesse sistema apresentam menor acidez, característica importante para a aceitação do produto (BORGUINI, 2002). Portanto, o sistema de produção pode influenciar a composição do alimento, interferindo na textura e no gosto do mesmo (BORGUINI; OETTERE; SILVA, 2003; BORGUINI; SILVA, 2007).

A acidez e pH são importantes fatores quando se analisa o nível de aceitação de um produto, devido à sua influência no gosto dos alimentos. No tomate, os ácidos orgânicos correspondem a 1/10 dos sólidos totais, predominando o ácido cítrico. O alto teor de açúcares e ácidos tem sido indicado como atributo de qualidade sensorial além de intensificar seu gosto característico (CHITARRA; CHITARRA; 2005).

Com relação à acidez do tomate, as médias determinadas foram de 0,45% para o convencional e 0,32% para o orgânico. Os valores apresentados no presente trabalho corroboram com os encontrados por Shirahige *et al.* (2010) que analisaram acidez de tomate grupo Santa Cruz, sendo encontrados valores que variaram de 0,41 % a 0,34 %.

Ferreira *et al.* (2010) avaliaram a qualidade pós-colheita de frutos de tomate de mesa de diferentes sistemas de cultivos, foram colhidos tomates no estágio de maturação verde maduro convencional e orgânico e acompanhou-se a variação das

características físico-químicas até o estágio de maturação vermelho maduro, constatando-se que a quantidade de ácido cítrico foi superior e constante no tomate mesa convencional, enquanto na amostra orgânica a acidez diminuiu a partir do estágio vermelho, confirmando tomates de menor acidez (FERREIRA *et al.*, 2010).

Os tomates orgânicos apresentaram pH mais elevado e menor acidez que os convencionais. Portanto, sugere-se que tais frutos são menos ácidos que os convencionais. Bourn e Prescott (2002); Ferreira *et al.* (2010) e Ribeiro (2012) relataram que as amostras de tomate analisadas cultivadas no sistema orgânico apresentaram pH mais elevado, quando comparados ao sistema convencional, resultados semelhantes aos observados neste trabalho. Os referidos autores afirmam que a baixa acidez é característica importante para a aceitação do produto.

O teor de sólidos solúveis (SS), determinado em °Brix é o principal componente responsável pelo gosto do fruto e, pode indicar a influência causada pela adubação, temperatura e irrigação, além de ser uma característica genética da cultivar (GIORDANO; SILVA; BARBOSA, 2000). A média dos valores de SS em tomate convencional foi de 4,7°Brix e 4,0°Brix em tomate orgânico, sendo encontradas diferenças significativas entre os dois tratamentos. Os resultados encontrados corroboram com os valores encontrados na literatura.

No trabalho realizado por Shirahige *et al.* (2010), foram encontrados valores médios de SS de 4,7°Brix de tomate grupo Santa Cruz. Ferreira *et al.* (2010) ao determinarem a qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico encontraram 5,44 °Brix de sólidos solúveis para tomate convencional cultivar Raíssa e 4,63 °Brix para tomate orgânico cultivar Santa Clara. Lisiewska e Kmiecik (2000) encontraram 4,88 °Brix de sólidos solúveis em tomate cultivar Micra RS. Borguini (2002) encontrou 4,7 °Brix para cultivar Carmem convencional e 4,2 °Brix para orgânico.

Com relação à razão SS/ATT, o tomate convencional apresentou 10,39 SS/ATT e o tomate orgânico apresentou 12,05 de SS/ATT, foram encontradas diferenças significativas entre os dois sistemas de cultivo. Shirahige *et al.* (2010) encontraram valores de SS/ATT que variaram de 10,3 a 15,8 em diferentes cultivares de tomate. Ferreira *et al.* (2010) ao compararem frutos de tomate produzidos em sistema convencional e orgânico, concluíram que os tomates orgânicos tendem a apresentar melhor relação entre sólidos totais e acidez titulável.

A diferença da relação do SS/ATT entre tomate cultivado no sistema orgânico e convencional pode ser influenciada pelas cultivares, estádios de maturação, manejo, fertilização, irrigação e composição do solo (FERREIRA *et al.*, 2010).

Segundo Kader *et al.* (1978), os frutos considerados de alta qualidade, contêm mais de 0,32 % de ATT, 3 % de SS e relação SS/ATT maior que 10. As amostras avaliadas no presente trabalho exibiram valores para a relação SS/ATT acima de 10, sendo, portanto, adequados para o consumo in natura. Vale ressaltar que o tomate orgânico apresentou uma superioridade na relação SS/ATT.

As médias de açúcares redutores (2,18 %) e totais (2,25 %) no tomate orgânico foram superiores e estatisticamente diferentes quando comparadas às amostras convencionais, que apresentaram 2,05 % de açúcares redutores, e 2,14 % de açúcares totais.

Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores, tais como, Ferreira *et al.* (2010), que relataram 2,45% de açúcares redutores em tomate orgânico e 2,12% de açúcares redutores em tomate convencional; e Lisiewska e Kmiecik (2000) registraram 2,81% de açúcares totais e 2,70% de açúcares redutores em tomates.

## 4.2 Caracterização Química

Os resultados das análises de composição centesimal de tomate e cenoura em base úmida são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6 - Composição centesimal de cenoura (*Daucus carota* L) e tomate (*Lycopersicon esculentum*) em base úmida. Quantidade por 100g de amostra**

	Cenoura		Tomate	
	Convencional	Orgânica	Convencional	Orgânica
Umidade	88,53 <sup>b</sup> ± 0,58	89,71 <sup>a</sup> ± 0,12	94,36 <sup>b</sup> ± 0,49	95,09 <sup>A</sup> ± 0,12
Lipídeos	0,16 <sup>a</sup> ± 0,02	0,17 <sup>a</sup> ± 0,02	0,12 <sup>A</sup> ± 0,02	0,14 <sup>A</sup> ± 0,02
Proteína	1,1 <sup>a</sup> ± 0,17	0,99 <sup>a</sup> ± 0,01	1,05 <sup>A</sup> ± 0,13	1,07 <sup>A</sup> ± 0,18
Cinzas	0,63 <sup>b</sup> ± 0,05	0,76 <sup>a</sup> ± 0,08	0,49 <sup>A</sup> ± 0,03	0,52 <sup>A</sup> ± 0,07
Fibra solúvel	1,65 <sup>a</sup> ± 0,33	1,65 <sup>a</sup> ± 0,40	0,31 <sup>A</sup> ± 0,81	0,30 <sup>A</sup> ± 0,67
Fibra Insolúvel	1,56 <sup>a</sup> ± 0,27	1,58 <sup>a</sup> ± 0,42	0,88 <sup>A</sup> ± 0,72	0,89 <sup>A</sup> ± 0,52
Fibra total	3,21 <sup>a</sup> ± 0,89	3,20 <sup>a</sup> ± 0,26	1,19 <sup>A</sup> ± 0,51	1,19 <sup>A</sup> ± 0,71
Carboidratos <sup>1</sup>	9,58	8,37	3,98	2,76

<sup>1</sup>Carboidratos por diferença, incluindo fibra. Média de 6 repetições ± desvio-padrão. Médias seguidas por letras iguais, na linha, para cada amostra não são estatisticamente diferentes, pelo teste t de 'Student' (p > 0,05).

As médias de umidade encontradas nas amostras de cenoura convencional e orgânica foram 88,53 % e 89,71 %, respectivamente. Os resultados apresentados foram similares aos encontrados por Tsukakoshi et al. (2009), que relataram médias de umidade para cenoura de diferentes cultivares do Japão que variaram de 88,55 a 90,09 % .

As médias de lipídeos foram 0,16 % na amostra convencional e 0,17 % na amostra orgânica. Com relação aos teores de proteína foram encontrados 1,1 % na amostra convencional e 0,99 % na amostra orgânica. Nos dois casos não foram encontradas diferenças significativas com relação aos dois tratamentos.

Os resultados apresentados corroboram com os valores encontrados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (UNIVERSIDADE DE CAMPINAS, 2011). A Tabela apresenta para cenoura crua 90,1 % de umidade, lipídeos 0,2 % e proteína 1,3 %.

As médias de cinzas nas amostras convencionais foram de 0,63 % e 0,75 % nas amostras orgânicas. A amostra de cenoura apresentou diferença significativa no teor de cinzas, sendo encontrados valores superiores na amostra orgânica.

Os resultados da análise de fibras solúvel (1,65 %), insolúvel (1,56 %) e totais (3,21 %) na amostra convencional foram similares e estatisticamente iguais aos identificados na amostra orgânica (solúvel: 1,65 %; insolúvel: 1,58 % e totais: 3,20 %).

A TACO (UNIVERSIDADE DE CAMPINAS, 2011) apresenta valores de 0,9 % de cinzas e 3,2 % de fibras totais em cenoura crua, resultados estes similares aos encontrados no presente trabalho.

As médias encontradas para umidade de tomate convencional (94,36 %) e orgânico (95,09 %) foram estatisticamente diferentes nos dois tratamentos. Os resultados encontrados corroboram com os apresentados pela TACO (UNIVERSIDADE DE CAMPINAS, 2011), sendo relatados valores de 95,1 % de umidade para tomate cru.

O fruto do tomateiro possui em sua composição aproximadamente 93% a 95% de água (SILVA; GIORDANO, 2000). Borguini (2002) encontrou teores que variaram de 93,73% a 94,53% de água para tomates cv. Carmen e Débora cultivados pelos sistemas convencional e orgânico.

As médias de lipídeos das amostras convencional e orgânica foram 0,12 % e 0,14 % respectivamente. Com relação às proteínas foram encontrados valores de

1,05 % para amostra convencional e 1,07 % para amostra orgânica. O teor de cinzas foi de 0,49 % para amostra convencional e 0,52 % para a orgânica. Não foram encontradas diferenças significativas entre as amostras orgânicas e convencionais quando comparado lipídeos, proteínas e cinzas.

Com relação ao teor de fibras solúveis, insolúveis e totais foram encontrados 0,31 %, 0,88 % e 1,19 %, respectivamente na amostra convencional e 0,30 %, 0,89 % e 1,19 %, respectivamente nas amostras orgânicas. Não foram encontradas diferenças entre os tipos de cultivo

Ferreira et al. (2010), ao compararem a umidade de tomate orgânico e convencional não encontraram diferenças significativas entre os dois sistemas agrícolas empregados. Neste mesmo estudo, as amostras de tomate apresentaram maiores valores de cinzas em tomate orgânico (0,37 %) do que convencional (0,24 %) que também foi evidenciado por Borguini (2002), quando encontrou maior teor de minerais, como fósforo, potássio, magnésio, enxofre, sódio, ferro e zinco em amostras de tomate orgânico cultivar Débora e Carmem.

A TACO (UNIVERSIDADE DE CAMPINAS, 2011) apresentou 1,1 % de proteína, 0,2 % de lipídeos, 0,5 % de cinzas e 1,2 % de fibra total resultados que corroboram com os apresentados neste trabalho.

### **4.3 Resultados dos Teores de Elementos traço em Cenoura e Tomate Orgânico e Convencional**

#### **4.3.1 Avaliação de desempenho do método**

A linearidade do método de determinação de elementos traço foi demonstrada na faixa de 0,5 a 10 µg/L utilizando padrão multielementar de calibração Standard 3, solução N9301720 pureplus (sem mercúrio) (Perkin Elmer, Massachusetts, EUA) a 1 % (v/v) de ácido nítrico 69,5 % (p/p), sendo todas as premissas de regressão confirmadas (Tabela 7).

**Tabela 7 - Avaliação dos pressupostos de regressão para as curvas de calibração de padrão multielementar -  
Avaliação da linearidade**

Elemento Traço	Equação	R <sup>2</sup> <sup>a</sup>	n <sup>b</sup>	Normalidade		Independência		Homocedasticidade		Regressão		Desvio da Linearidade		
				R <sup>c</sup>	p <sup>d</sup>	d <sup>e</sup>	p <sup>d</sup>	t <sub>L</sub> <sup>f</sup>	p <sup>d</sup>	F <sup>g</sup>	p <sup>d</sup>	F <sup>g</sup>	p <sup>d</sup>	
As	y = (0,9961 ± 0,002)x - (0,0062 ± 0,01)		1	15	0,9110	p > 0,01	1,57	p > 0,05	1,66	0,12	2,79 x 10 <sup>5</sup>	1,50 x 10 <sup>-29</sup>	0,19	0,93
Mn	y = (1,0024 ± 0,003)x - (0,0163 ± 0,016)	0,9999	15	0,9500	p > 0,05	2,73	p > 0,025	0,13	0,27	1,07 x 10 <sup>5</sup>	7,55 x 10 <sup>-27</sup>	0,67	0,6	
Ni	y = (1,0021 ± 0,002)x + (0,0031 ± 0,011)	0,9999	15	0,9514	p > 0,10	1,82	p > 0,05	0,62	0,54	2,32 x 10 <sup>5</sup>	5,01 x 10 <sup>-29</sup>	1,62	0,03	
Cu	y = (0,9878 ± 0,001)x - (0,003 ± 0,007)	0,9996	12	0,9725	p > 0,10	1,77	p > 0,05	0,43	0,68	5,03 x 10 <sup>5</sup>	7,63 x 10 <sup>-25</sup>	2,18	0,19	
Zn	y = (0,9792 ± 0,002)x + (0,051 ± 0,012)	0,9993	12	0,9726	p > 0,10	1,21	p > 0,05	0,17	0,27	1,94 x 10 <sup>5</sup>	8,06 x 10 <sup>-21</sup>	4,13	0,08	

a = coeficiente de determinação, b = número de observações, c = coeficiente de correlação de Ryan-Joiner, d = significância, e = estatística de Durbin – Watson, f = estatística t de Levene, g = razão entre variâncias.

**Tabela 7 - Avaliação dos pressupostos de regressão para as curvas de calibração de padrão multielementar -  
Avaliação da linearidade**

(continuação)

Elemento Traço	Equação	$R^{2a}$	$n^b$	Normalidade		Independência		Homocedasticidade		Regressão		Desvio da Linearidade	
				$R^c$	$p^d$	$d^e$	$p^d$	$t_L^f$	$p^d$	$F^g$	$p^d$	$F^g$	$p^d$
Cd	$y=(0,9961 \pm 0,002)x - (0,0062 \pm 0,01)$	1	15	0,9110	$p > 0,01$	1,57	$p > 0,05$	1,66	0,12	$2,79 \times 10^5$	$1,50 \times 10^{-29}$	0,19	0,93
Pb	$y= (1,0054 \pm 0,001)x - (0,0142 \pm 0,004)$	0,9999	13	0,9651	$p > 0,10$	3,03	$p > 0,025$	1,35	0,20	$1,79 \times 10^6$	$5,01 \times 10^{-30}$	1,1	0,42
Se	$y= (0,9956 \pm 0,0024)x - (0,0023 \pm 0,012)$	0,9999	15	0,9754	$p > 0,10$	1,93	$p > 0,05$	0,8	0,43	$1,73 \times 10^5$	$3,36 \times 10^{-28}$	2,8	0,09
Cr	$y= (0,9972 \pm 0,003)x - (0,0003 \pm 0,01)$	0,9999	15	0,9723	$p > 0,10$	1,51	$p > 0,05$	1,37	0,19	$1,51 \times 10^5$	$8,07 \times 10^{-28}$	1,74	0,26
U	$y= (1,013 \pm 0,001)x - (0,0011 \pm 0,004)$	1	15	0,9278	$p > 0,01$	1,94	$p > 0,05$	0,13	0,9	$1,89 \times 10^6$	$5,89 \times 10^{-35}$	0,25	0,09

a = coeficiente de determinação, b = número de observações, c= coeficiente de correlação de Ryan-Joiner, d = significância, e = estatística de Durbin-Watson, f = estatística t de Levene, g = razão entre variância

Na Tabela 8 estão representados os percentuais de recuperação para cada elemento traço. Para o manganês; cobre; zinco; arsênio; cádmio e chumbo foram obtidas taxas médias de recuperação entre 80 até 110 %. No caso do cromo e níquel as recuperações foram acima de 120 % e para urânio e selênio não foram detectados nas amostras analisadas.

**Tabela 8 - Porcentagem de recuperação e desvio padrão relativo de repetitividade de cromo, manganês, níquel, cobre, zinco, arsênio, cádmio, chumbo, urânio e selênio no material padrão de referência certificado DC73350 após digestão em forno de micro-ondas**

Analito	Valor certificado* (mg/kg)	DPRr (%)	Recuperação Média ** (%)
Cr	0,55	46,5	146,3
Mn	45	2,5	94,7
Ni	1,9	4,4	140,8
Cu	9,3	2,2	86,24
Zn	37	2,2	89,46
As	0,37	3,7	84,9
Cd	0,32	3,8	105,2
Pb	1,5	8,9	93,7
U	0,028	-	nd***
Se	0,14	-	nd***

(\*) material de referência, folhas de *poplar*, NCS DC73350;

(\*\*) média das recuperações;

(\*\*\*) nd: (teor <limite de detecção). DPRr: Desvio Padrão Relativo de Repetitividade; Cr: cromo; Mn: manganês; Ni: níquel; Cu: cobre; Zn: zinco; As: arsênio; Cd: cádmio; Pb: chumbo, U: urânio, Se: selênio.

Conforme preconizadas por Brasil (2009) e pela Comissão Europeia (EUROPEAN UNION, 2002), as taxas gerais de recuperação para análises em alimentos podem variar de 80 até 110% para aqueles analitos que apresentem concentrações na faixa de 100 µg/kg a 10 mg/kg. A recuperação média da maioria dos elementos traços analisados foi adequada, com valores entre 84,9 % a 105,2 %, exceto para cromo e níquel. Desvios padrões entre 2,2 e 8,9 foram observados para os analitos pesquisados, com exceção para o cromo, que apresentou um desvio de repetitividade de 46,5 %.

### 4.3.2 Teores de elementos traço em cenoura e tomate orgânico e convencional

Os teores médios (em base seca) dos elementos traços de tomate e cenoura orgânico e convencional estão representados na Tabela 9:

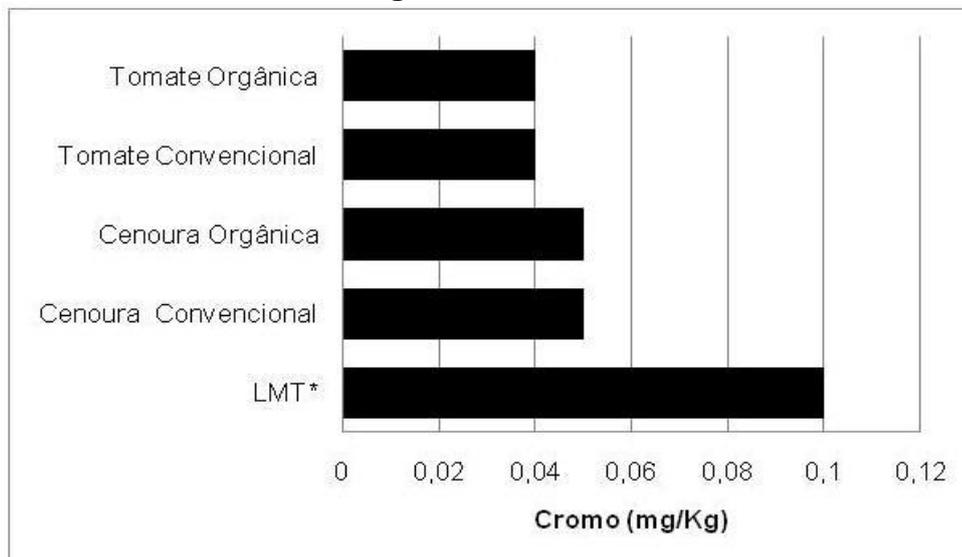
**Tabela 9 - Teores médios em mg/Kg (em base seca) dos elementos traços de tomate e cenoura orgânico e convencional**

Elemento Traço (mg/kg)	Cenoura		Tomate	
	Convencional	Orgânica	Convencional	Orgânica
Manganês	4,18 <sup>b</sup> ± 0,21	16,53 <sup>a</sup> ± 1,31	19,86 <sup>A</sup> ± 1,37	15,91 <sup>B</sup> ± 1,68
Cobre	5,93 <sup>a</sup> ± 0,43	5,85 <sup>a</sup> ± 1,06	7,06 <sup>B</sup> ± 0,42	14,09 <sup>A</sup> ± 1,27
Zinco	15,20 <sup>b</sup> ± 0,78	15,92 <sup>a</sup> ± 0,86	13,56 <sup>B</sup> ± 1,08	17,22 <sup>A</sup> ± 1,36
Arsênio	0,89 <sup>a</sup> ± 0,05	0,06 <sup>b</sup> ± 0,05	0,06 <sup>A</sup> ± 0,06	0,02 <sup>B</sup> ± 0,04
Cádmio	0,04 <sup>a</sup> ± 0,01	0,01 <sup>b</sup> ± 0,02	0,04 <sup>A</sup> ± 0,01	0,01 <sup>B</sup> ± 0,02
Chumbo	0,09 <sup>a</sup> ± 0,14	0,09 <sup>a</sup> ± 0,09	0,07 <sup>B</sup> ± 0,04	0,39 <sup>A</sup> ± 0,10
Urânio	nd	nd	nd	nd
Selênio	0,20 <sup>a</sup> ± 0,11	0,17 <sup>a</sup> ± 0,07	0,13 <sup>A</sup> ± 0,05	0,10 <sup>A</sup> ± 0,04

Média de 12 repetições ± desvio-padrão. Médias seguidas por letras iguais, na linha, para cada amostra não são estatisticamente diferentes, pelo teste t de 'Student' ( $p > 0,05$ ). nd: não detectado (teor < 0,001 mg/Kg).

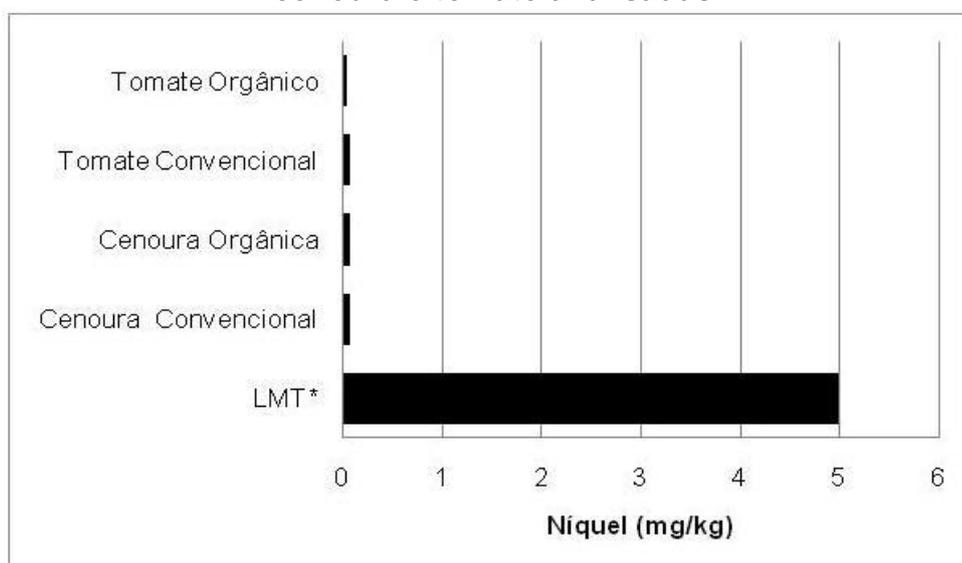
Os valores de cromo e níquel não foram considerados no presente trabalho por terem apresentado recuperações fora da faixa recomendada. Apesar das recuperações encontradas para cromo e níquel estarem fora da faixa ideal, os resultados encontrados ainda estão abaixo dos Limites Máximos de Tolerância (LMT) (Figuras 7 e 8 – dados em base úmida) de contaminantes inorgânicos em bebidas e alimentos, definidos pela legislação nacional, o Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 (BRASIL, 1965) e Resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013 - Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2013). Todos os resultados apresentados para cenoura e tomate, convencional e orgânico apresentaram valores inferiores aos estabelecidos nas referidas legislações.

**Figura 7 - Comparação do limite máximo tolerável de cromo preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de cenoura e tomate orgânica e convencional analisadas**



\*Fonte: (BRASIL, 1965)

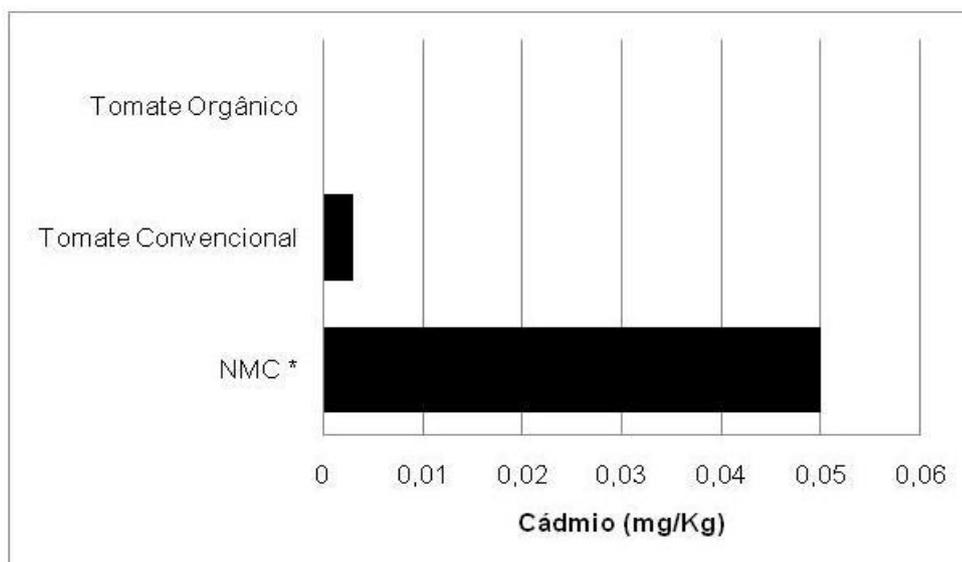
**Figura 8 - Comparação do limite máximo tolerável de níquel preconizado pela legislação nacional com os teores máximos encontrados nas amostras de cenoura e tomate analisadas**



\*Fonte: (BRASIL, 1965)

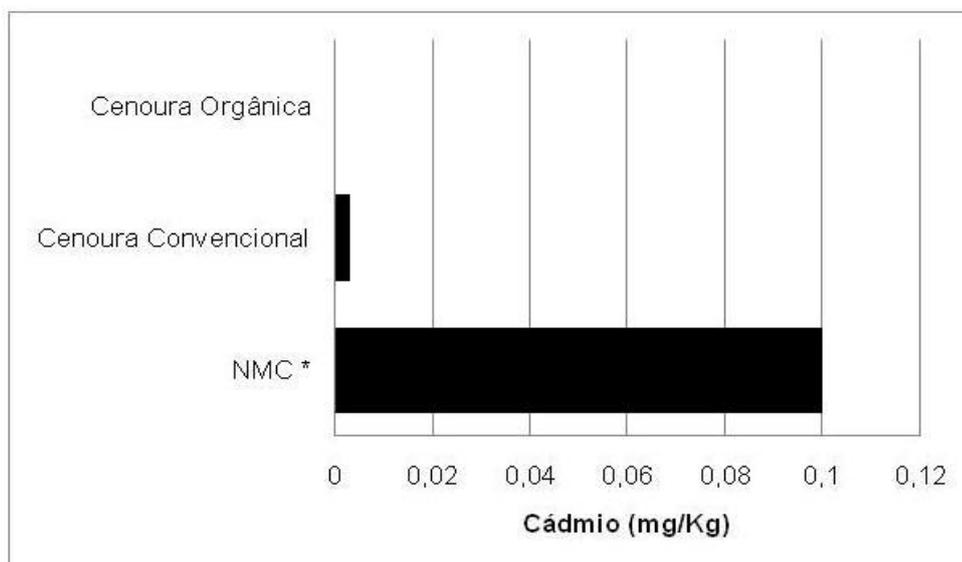
Para os níveis máximos de contaminantes (NMC) e toxinas estabelecidos no Codex Alimentarius (2010) para o cádmio (0,05 mg/kg para hortaliças-fruto e 0,1 mg/kg raízes e tubérculos) e chumbo (0,1 mg/kg para hortaliças-fruto e raízes e tubérculos), todas as amostras analisadas (teores em base úmida) encontraram-se abaixo dos níveis máximos (Figuras 9, 10 e 11).

**Figura 9 - Comparação do nível máximo de Cádmio preconizado pelo Codex Alimentarius com os teores máximos encontrados nas amostras de tomate analisadas**



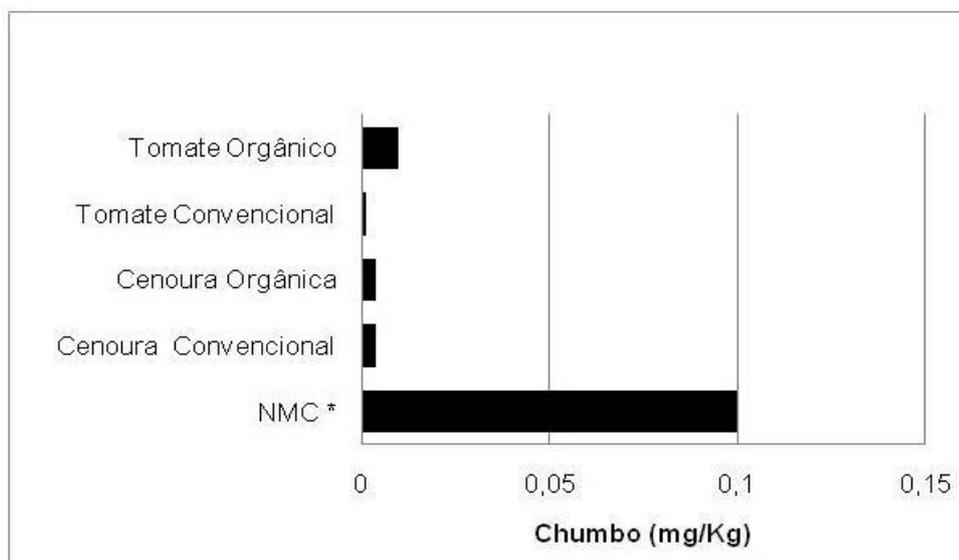
\*Fonte: (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2010)

**Figura 10 - Comparação do nível máximo de Cádmio preconizado pelo Codex Alimentarius com os teores máximos encontrados nas amostras de cenoura analisadas**



\*Fonte: (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2010)

**Figura 11 - Comparação do nível máximo de Chumbo preconizado pelo Codex Alimentarius com os teores máximos encontrados nas amostras de cenoura e tomate analisadas**



\*Fonte: (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2010)

As médias encontradas para Mn em cenoura foram 4,18 mg/kg na convencional e 16,53 mg/kg na orgânica. Para o zinco foram encontradas médias na cenoura convencional de 15,20 mg/kg e 15,92 mg/kg na orgânica. Para cenoura, os teores de Mn e Zn, apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo. A cenoura orgânica apresentou maior teor de Mn e Zn quando comparado com a amostra convencional.

O manganês e zinco apresentam importâncias do ponto de vista nutricional. O manganês atua no sistema imune, no crescimento e no desenvolvimento corpóreo, é necessário para a formação dos tecidos conectivos e ósseos (SILVA; DONADIO; COZZOLINO, 2012), além de ser importante na absorção do cálcio e na manutenção do funcionamento adequado do cérebro (CALLOU; COZZOLLINO, 2013). O zinco possui extensa participação no metabolismo de carboidratos, proteínas, lipídeos (MARREIRO, 2013). O zinco contribui para o crescimento e o desenvolvimento normais, imunidade, manutenção do apetite e maturação sexual (FRANCO, 2002).

As médias de As e Cd encontradas em cenoura no presente trabalho foram de 0,89 mg/kg e 0,06 mg/kg, convencional e orgânica, respectivamente, e 0,04 mg/kg de Cd em cenoura convencional e 0,01 mg/kg em cenoura orgânica. Para

cenoura, os teores de As e Cd apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo. A cenoura convencional apresentou maior conteúdo de As e Cd.

Valores mais elevados de Cd na cenoura convencional podem ser explicados devido ao uso de fertilizantes na agricultura convencional. O uso de fertilizantes também pode contaminar o solo com Cd e Pb (HE; YANG; STOFFELLA, 2005); como os fosfatados, considerados a maior fonte de Cd entre todos os fertilizantes minerais (NICHOLSON et al., 2003; BIZARRO; MEURER, TATSH 2008). Os fertilizantes fosfatados contêm Cd, em concentrações variáveis, dependendo da rocha fosfática da qual foram obtidos. Adubações fosfatadas sucessivas podem acarretar acúmulo de Cd no solo, causando impactos ao ambiente devido a sua alta toxicidade (BIZARRO; MEURER ; TATSH, 2008).

Os teores de As na agricultura convencional podem ser explicados pelo uso de defensivos agrícolas. O As é introduzido no ambiente a partir de fontes naturais, como atividades vulcânicas e intemperismo de minerais, e a partir de atividades antrópicas, como queima de carvão e uso de agrotóxicos. Os usos principais de As são nas atividades agrícolas, como agrotóxicos (CALLOU et al., 2013; MAIHARA; FÁVARO, 2012).

Teores semelhantes de elementos traço em cenoura foram encontrados por Fernandes et al. (2007) que ao analisarem elementos metálicos em diferentes olerícolas, encontraram valores que variaram de 0,040 a 0,080mg/kg de Cd; 4,28 a 7,6 mg/kg de Cu; 11,1 a 16,03 mg/kg de Mn, 0,133 a 0,253mg/kg de Ni, valores não detectados para Pb e 12,8 a 23,04 mg/kg de Zn em cenoura, proveniente de São Gotardo, MG adquiridas na Ceasa região Metropolitana.

Os valores de Mn, Zn e Cu identificados nas análises corroboram com os teores identificados na TACO. A TACO apresenta 0,2 mg/100g de Zn, 0,05 mg/100g de Cu e 0,05 mg/100g de Mn em cenoura crua. Realizando-se a conversão dos valores de Mn, Cu e Zn para base úmida é possível encontrar 0,2 mg/100g de Zn (orgânica) e 0,14 mg/100g (convencional) de Zn nas cenouras analisadas; 0,05 mg/100g e 0,17 mg/100g de Mn em cenoura convencional e orgânica e 0,07 mg/100g de Cu (orgânica) e 0,08 mg/100g de Cu(convencional).

Para o tomate, os teores de Mn, Cu, Zn, As, Cd e Pb apresentaram diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os sistemas de cultivo. O tomate orgânico apresentou maior teor de Cu, Zn e Pb; e o convencional, maior conteúdo de Mn, As, Cd.

Muitos agrotóxicos contêm Cu, Zn, Fe, Mn e As (HE; YANG; STOFFELLA, 2005), o uso destes produtos na agricultura convencional pode justificar os maiores teores de Mn, As nas amostras convencionais.

Na produção orgânica, é acrescentado sulfato de cobre à cultura, o que pode ter levado aos maiores teores destes elementos em tomate orgânico (KELLY; BATERMAN, 2010). O sulfato de cobre e Cal (óxido de cálcio) compõem a calda bordalesa que é utilizado para controlar fungos e doenças bacterianas em tomate (BURN *et al.*, 2001) com o uso permitido na agricultura orgânica.

Cobre e zinco são constituintes comuns de suplementos para a alimentação animal e uma possível explicação para as concentrações mais elevadas de Cu e Zn nas amostras orgânicas, podendo atuar como uma fonte adicional de Cu e Zn no solo (BOLAN, 2003; KELLY; BATEMAN, 2010; ZHOU 2005).

O chumbo não é facilmente extraído do solo para as plantas (MAIHARA; FÁVARO, 2012). A presença do chumbo em plantas ocorre com frequência por causa da poluição ambiental, levando a contaminação da superfície da planta (MAIHARA; FÁVARO, 2012; TERMMERMAN; WAEGENEERS, 2012) tal fato pode explicar teores mais elevados de Pb no tomate orgânico

O uso de fertilizantes e agrotóxicos, atividades urbano-industriais que propiciam a emissão de elementos na atmosfera e tipo de adubação interferem no acúmulo de elementos-traço nos solos (HE *et al.*, 2005). Os elementos metálicos e não metálicos e dioxinas, encontrados no meio ambiente, especialmente nas áreas mais industrializadas (HE; YANG; STOFFELLA, 2005), podem contaminar alimentos produzidos por ambos os sistemas, orgânico e convencional (PUSSEMIER *et al.*, 2006), assim como água contaminada utilizada para irrigação (HE; YANG; STOFFELLA, 2005).

Borguini *et al.* (2003) também encontraram teores mais elevados de Zn em tomate orgânico ao compararem os teores desse elemento em tomate cultivar Débora e Carmem. Teores superiores de Zn em tomate orgânico também foram encontrados por Kelly e Bateman (2010) ao compararem os teores com o tomate convencional.

Os resultados em base úmida de Zn em tomate foram 0,07 mg/100g na amostra orgânica e 0,06 mg/100g na amostra convencional, estes resultados corroboram com os apresentados na TACO que apresenta 0,1 mg de Zinco por 100g de amostra. Valores concordantes também foram encontrados para cobre, na

amostra convencional (0,03 mg/100g) e 0,06 mg/100g na amostra orgânica e na tabela TACO 0,04 mg/100g.

Estudos realizados por Bourn e Prescott (2002), Dangour *et al.* (2009), e Woese *et al.* (1997) indicam que a composição de minerais de produtos orgânicos e convencionais tem variado de estudo para estudo, não sendo possível afirmar se há diferença entre convencionais e orgânicos.

No entanto, alguns trabalhos relatam menores teores de nitrato (BOURN; PRESCOTT, 2002; GRAVEL *et al.*, 2010; HERENCIA *et al.*, 2011; HOEFKENS *et al.*, 2009; LAIRON, 2010; LESTER; SAFTNER, 2011; REMBIAŁKOWSKA, 2007; WOESE *et al.*, 1997), teor muito inferior ou ausência de resíduos de agrotóxicos (BOURN; PRESCOTT, 2002; HOEFKENS *et al.*, 2009; LAIRON, 2010; REMBIAŁKOWSKA, 2007; WOESE *et al.*, 1997), maiores teores de açúcares totais (STRAUS *et al.*, 2012; REMBIAŁKOWSKA, 2007) e de vitamina C (HOEFKENS *et al.*, 2009; LAIRON, 2010; LESTER; SAFTNER, 2011, STRAUS *et al.*, 2012; REMBIAŁKOWSKA, 2007) em hortaliças produzidas organicamente.

## **4.4 Resultados dos teores de Carotenoides totais em cenoura**

### **4.4.1 Avaliação de desempenho do método**

Linearidade foi demonstrada na faixa de 1,2 a 4,2 µg/mL, para a curva de β-caroteno em hexano equivalentes a 96 a 336 µg/g de carotenoides totais em cenoura, sendo todas as premissas de regressão confirmadas (Tabela 10).

Não foram observados efeitos de matriz ( $p > 0,05$ ). Sendo assim, foi possível concluir que soluções padrão de β-caroteno preparadas como descrito neste trabalho forneceram respostas, em unidades de absorvância, que não diferiram daquelas obtidas para amostras de cenoura contendo concentrações correspondentes de carotenoides totais. Conseqüentemente, curvas de padrão β-caroteno foram utilizadas nas etapas subsequentes da validação para estimar as concentrações de carotenoides totais em amostras de cenoura.

O limite de detecção do método foi estabelecido como 0,049 µg/g de carotenoides e o limite de quantificação como 0,078µg/g de carotenoides.

**Tabela 10 - Avaliação da linearidade para a curva de  $\beta$ -caroteno (1,2  $\mu\text{g/mL}$  a 4,2  $\mu\text{g/mL}$ ) em solvente**

Estatística	
<i>Número de observações</i>	
<i>n</i>	14
<i>Normalidade</i>	
<i>R</i>	0,9865
<i>p</i>	$p > 0,10$
<i>Homoscedasticidade</i>	
$t_L$	0,0248
<i>p</i>	0,98
<i>Independência</i>	
<i>d</i>	2,83
<i>p</i>	$p > 0,05$
<i>Regressão</i>	
<i>F</i>	$6,521 \times 10^{+3}$
<i>p</i>	$8,75 \times 10^{-24}$
<i>Desvio da linearidade</i>	
<i>F</i>	0,615
<i>p</i>	0,66

Equação:  $y = (0,1651 \pm 0,001)x - (0,022 \pm 0,002)$   $R^2 = 0,9984$

$n$  = número de observações,  $R$  = coeficiente de correlação de Ryan-Joiner,  $P$  = significância,  $t_L$  = estatística t de Levene,  $d$  = estatística de Durbin-Watson,  $F$  = razão entre variâncias.

Nos estudos de recuperação e precisão apresentados na (Tabela 11) valores médios de recuperação aparente encontraram-se dentro dos critérios de aceitabilidade em toda a faixa examinada (96  $\mu\text{g/g}$  a 336  $\mu\text{g/g}$ ). Com base nos critérios designados, pôde-se concluir que não houve falta de exatidão e que a precisão do método foi adequada na faixa de concentração de 96  $\mu\text{g/g}$  a 336  $\mu\text{g/g}$ .

**Tabela 11 - Médias de recuperação aparente e desvios padrão relativos, sob condições de repetitividade e reprodutibilidade parcial, obtidos para amostras de cenoura adicionadas de  $\beta$ -caroteno em diferentes níveis de concentração**

Concentração ( $\mu\text{g/g}$ )	Cenoura		
	$\bar{R}$ (%)	$DPR_r$ (%)	$DPR_R$ (%)
299	98,0	3,4	3,4
304	110,5	1,74	1,74
319	121,7	1,15	1,15
294 (nativa)	-	3,70	3,70

$n$  = número de observações (12),  $\bar{R}$  = média de recuperação aparente,  $DPR_r$  = desvio padrão relativo de repetitividade,  $DPR_R$  = desvio padrão relativo de reprodutibilidade parcial.

#### 4.5 Determinação de carotenoides totais em cenoura

As análises de carotenoides totais em cenoura determinaram teores médios de  $303,5 \pm 2,6 \mu\text{g/g}$  e  $307,5 \pm 3,5 \mu\text{g/g}$ , em cenoura orgânica e convencional, respectivamente. Foram realizadas seis repetições em cada amostra, não sendo constatadas diferenças significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ).

Não foram encontrados na literatura trabalhos que empregaram metodologia validada para a determinação de carotenoides totais em cenoura empregando-se o método espectrofotométrico proposto por Rodriguez-Amaya et al. (1976). Alguns trabalhos são relacionados empregando o método espectrofotométrico para quantificação de carotenoides totais em diferentes cultivares de cenoura, e alguns determinando o perfil de carotenoides, mas sem a validação da metodologia.

A Tabela Brasileira de Composição de Carotenoides em alimentos (2008) apresenta um teor de  $28 \mu\text{g/g}$  de  $\beta$ -caroteno em cenoura Brasília crua proveniente do estado de São Paulo e  $62 \mu\text{g/g}$  de  $\beta$ -caroteno em cenoura Nantes proveniente do estado de São Paulo.

Não foram encontrados artigos que utilizaram o mesmo procedimento descrito por Rodriguez-Amaya et al. (1976) para extração de carotenoides totais e quantificação por espectrofotometria em cenoura cultivar Brasília.

Ramos (1991) encontrou  $815 \pm 30 \mu\text{g/g}$  de carotenoides totais em cenoura cultivar Nantes, as diferenças nos teores de carotenoides podem ser justificadas pelas diferenças de cultivares usados, sendo que a cultivar Nantes é reconhecidamente superior no teor de carotenoides quando comparado a cultivar Brasília. Ramos (1991) utilizou os mesmos procedimentos de extração e quantificação por espectrofotometria, no entanto não foram realizados os procedimentos de validação do método.

Almeida-Muradian et al. (1997) encontraram valores de  $27,9 \pm 7,96 \mu\text{g/g}$  de  $\beta$ -caroteno em cenoura Brasília usando a metodologia para extração proposta por Rodriguez-Amaya et al. (1976) com adaptações e quantificação por CLAE.

Pacheco (2011) obteve resultados de  $144 \mu\text{g/g}$  de carotenoides totais realizando o procedimento de extração conforme Rodriguez-Amaya e quantificação por espectrofotometria, não sendo informado qual cultivar de cenoura foi utilizado.

Pinheiro-Santana *et al.* (1998) encontraram resultados de  $130,24 \pm 14,09 \mu\text{g/g}$  de carotenoides totais em cenoura Nantes sendo realizada extração segundo Rodriguez-Amaya *et al.* (1976) e quantificação por espectrofotometria. Para  $\beta$ -caroteno foram identificados valores de  $89,26 \pm 3,26 \mu\text{g/g}$  sendo realizada a quantificação por CLAE.

Figueiredo Neto *et al.* (2010) obtiveram resultados de  $89,6 \mu\text{g/g}$  ao quantificarem carotenoides totais em cenoura Brasília utilizando o método da AOAC com extração realizada com hexano e álcool isopropílico. Os valores muito inferiores encontrados nos resultados do trabalho de Figueiredo Neto *et al.* (2010) comparados ao presente trabalho podem ser justificados pela diferença do método de extração empregado. Figueiredo Neto *et al.* (2010) constataram que cenouras que receberam aplicação de composto orgânico no seu cultivo apresentaram maiores teores de carotenoides.

Biehler *et al.* (2009) ao compararem 3 métodos espectrofotométricos para quantificação de carotenoides totais em frutas e hortaliças com a quantificação de carotenoides totais por CLAE, identificaram valores de  $169 \pm 2,64 \mu\text{g/g}$ ,  $183 \pm 2,64 \mu\text{g/g}$ ,  $180 \pm 2,58 \mu\text{g/g}$  para quantificação de carotenoides totais em cenoura por espectrofotometria e  $179,7 \pm 2,06 \mu\text{g/g}$  para quantificação de carotenoides totais por CLAE. Os autores concluíram que apesar da superestimação típica por métodos espectrofotométricos devido à quantificação de compostos minoritários e produtos de degradação os resultados apresentaram uma estimativa próxima do teor de carotenoides totais comparado com o método de quantificação por CLAE.

A extração de carotenoides tem sido realizada, normalmente com acetona que penetra na matriz alimentar extraíndo carotenos e xantofilas de forma eficiente sendo realizada a posterior partição com solvente apolar (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

A acetona também é empregada na extração de carotenoides pelo método validado por Kimura *et al.* (2007) e separação por CLAE. O Tetrahydrofurano (THF) e combinações de THF: metanol (1:1) também são amplamente usadas como solvente na extração quando é utilizada a CLAE, apresentando boa solubilidade em  $\beta$ -caroteno e  $\alpha$ -caroteno, mas apresenta o inconveniente de facilmente formar peróxidos sendo necessária a utilização de agentes antioxidantes como BHT (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010). Acetonitrila e metanol são utilizados com frequência

na fase móvel (RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; KIMURA; RODRIGUEZ-AMAYA, 2002; KIMURA *et al.*, 2007).

Os resultados encontrados não comprovaram a influência do sistema agrícola, orgânico e convencional, no teor de carotenoides. No entanto, Lairon (2010) e Ren, Endo e Hayashi (2001) identificaram maiores teores de fitoquímicos, sendo compostos fenólicos, em frutas e hortaliças orgânicas. Tal resultado é sustentado pelos estudos de Asami *et al.* (2003) e Straus *et al.*, (2012) que mostraram que plantas orgânicas produzem mais substâncias antioxidantes e fitoquímicos em geral, constituintes do seu próprio sistema de defesa, ativado quando a planta tem que mobilizar seu sistema imunológico para se defender de condições adversas.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados da caracterização físico-química não permitiram comprovar que os diferentes sistemas de produção interferem na composição centesimal das olerícolas. No entanto, devido ao maior valor de pH, acidez reduzida e maior teor de açúcares, identificados na cenoura e tomate de produção orgânica, pode-se inferir que essas hortaliças provavelmente, apresentam gosto mais agradável e bem aceito pela população apresentando melhor perfil sensorial.

Ao comparar o conteúdo de elementos-traço entre os sistemas de cultivo, foi possível constatar que a cenoura orgânica apresentou maior conteúdo de Mn e Zn e a convencional As e Cd. Tomate orgânico apresentou maior conteúdo de Cu, Zn, Pb e o convencional Mn, As e Cd.

Os teores de As e Cd identificados nas duas olerícolas convencionais foram em decorrência, provavelmente, do emprego de agrotóxicos e fertilizantes, que são rotineiramente utilizados no cultivo convencional. As olerícolas orgânicas apresentaram maiores teores de Zn, cenoura orgânica maiores teores de Mn e tomate orgânico maiores teores de Cu.

As diferenças nos teores de elementos traço observadas entre os sistemas de produção orgânico e convencional podem ser explicadas devido aos fatores pré-colheita, que incluem condição de cultivo, tipo e fertilização do solo, irrigação, utilização de defensivos agrícolas

Foi possível comprovar a adequação para uso do método espectrofotométrico proposto na quantificação de carotenoides totais em cenoura. Uma faixa linear foi determinada, sem efeitos de matriz significativos. Comprovou-se exatidão e precisão do método, com limites de detecção e quantificação teóricos suficientes para determinação do analito.

A influência do sistema de cultivo, orgânico e convencional no teor de carotenoides totais não foi comprovada neste trabalho.

As hortaliças analisadas tanto orgânicas quanto convencionais podem contribuir para o consumo de compostos bioativos e elementos-traço, sendo recomendado o consumo pela população.

## REFERÊNCIAS

- ABUSHITA, A. A.; DAOOD, H. G.; BIACS, P. A. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n. 6, p. 2075-2081, Jun. 2000.
- AÇÃO BRASILEIRA PELA NUTRIÇÃO E DIREITOS HUMANOS. **Agricultura familiar, alimentação escolar e a realização do direito humano à alimentação adequada**. Brasília: ABRANDH, 2012. 225p. (Relatório de pesquisa).
- AÇÃO BRASILEIRA PELA NUTRIÇÃO E DIREITOS HUMANOS. **Diretrizes voluntárias em apoio à realização progressiva do direito à alimentação adequada no contexto da segurança alimentar nacional**. Brasília: ABRANDH, 2005. 48p. Disponível em: <<http://www.abrandh.org.br/downloads/Diretrizes.pdf>>
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), constantes do anexo desta Portaria. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 jan. 1998.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa Nacional de Resíduos Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Brasília: ANVISA, 2013. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/residuos/index.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 42, de 29 de agosto de 2013**. Dispõe sobre o regulamento Técnico Mercosul sobre Níveis Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Brasília: ANVISA, 2013.
- AGRIANUAL 2013: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Informa Economics FNP, 2013.
- ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; PENTEADO, M. V. C. Carotenoides. In: PENTEADO, M. V. C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. São Paulo: Manole, 2003a. p.55-72
- ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; PENTEADO, M. V. C. Vitamina A. In: PENTEADO, M. V. C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. São Paulo: Manole, 2003b. p. 3-52

- ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; POPP, V.; FARIAS, M. P. Provitamin A activity of brazilian carrots: leaves and roots, raw and cooked and their chemical composition. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 17, n. 2, p.120-124, May/Ago. 1997.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 400p.
- ALVES, S. S. V. et al. Qualidade de cenouras em diferentes densidades populacionais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.2, p. 218-223, mar./abr. 2010.
- AMARAL, E. H. **Resíduos de agrotóxicos organofosforados**: validação de método de cromatografia a gás e quantificação em produtos agrícolas. 2007. 118f Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Belo Horizonte, 2007.
- ANESE, M. et al. Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees. **Journal of Food Science**, Chicago, v.67, n.9, p. 3442-3446, Sept. 2002.
- ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vasculare Brasileiro**, v.3, n. 2, p. 145-54, 2004.
- ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; MONTEIRO, R. T. R. Responses of soil microbial biomass and activity for practices of organic and conventional farming systems in Piauí state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 44, n. 2, p. 225-230, Mar./Apr. 2008.
- ARSCOTT, S. A.; TANUMIHARDJO, S. A. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.9, n. 2, p. 223-239, Mar. 2010.
- ASAMI, D. K. et al. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, n. 5, p. 1237-1241, Feb. 2003.
- ASSIS, R. L; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e Agricultura Orgânica: controvérsias e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, n. 6, p. 67-80, jul./dez. 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL **Food Chemistry** ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC international**. 19th. ed. Maryland: AOAC, 2012.

BAKKALI, K.; MARTOS, N.R.; SOUHAIL, B.; BALLESTEROS, E. Characterization of trace metals in vegetables by graphite furnace atomic absorption spectrometry after closed vessel microwave digestion., v. 116, p. 590-594, 2009.

BARBA, A. I. O. Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and  $\beta$ -carotene in vegetables. **Food Chemistry**, v. 95, n. 2, p. 328-336, Mar. 2006.

BARROS JÚNIOR, A. P. et al. Qualidade de raízes de cenoura em sistemas consorciados com alface sob diferentes densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 290-293, abr./jun. 2005.

BASU. A. et al. Genetic toxicology of a paradoxical human carcinogen, arsenic a review. **Mutation Research**, v.488, n. 2, p.171-194, May 2001.

BIEHLER, E. et al. Comparison of 3 spectrophotometric methods for carotenoid determination in frequently consumed fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 1, p. 55-61, Jan./Feb. 2010.

BIZARRO, V. G.; MEURER, E. J.; TATSH, F. R. P. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados comercializados no Brasil. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 247-250, jan./fev. 2008.

BOLAN, N. S. et al. Distribution and bioavailability of copper in farm effluent. **Science of the Total Environment**, v. 309, n. 1-3, p. 225-236, 2003.

BONOTTO, D. M. **Radiotividade nas águas da Inglaterra ao Guarani**. São Paulo: UNESP, 2003. 251p.

BORGUINI, R. G. **Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) orgânico**: o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

BORGUINI, R. G.; OETTERER, M.; SILVA, M. V. Qualidade nutricional de hortaliças orgânicas. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 28-35, jan./jun. 2003.

- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.13, n.2, p.64-17. 2006.
- BORGUINI, R. G; SILVA, M. V. O conteúdo nutricional de tomates obtidos por cultivo orgânico e convencional. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 21, n. 149, p. 41-45, mar. 2007.
- BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.42, n.1, p.1-34. 2002.
- BRAMLEY, P. M. Is lycopene beneficial to human health? **Phytochemistry**, v. 54, n. 3, p. 233-236, Jun. 2000.
- BRANDT, K. et al. Agroecosystem management and nutritional quality of plant foods: the case of organic fruits and vegetables. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 30, n. 1-2, p. 177-197, 2011.
- BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 dez. 2007.
- BRASIL. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, e alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 abr. 1965.
- BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 dez. 2003.
- BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 25 jul. 2006b.
- BRASIL. Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano a alimentação adequada e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 set. 2006a.

BRASIL. Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nos 10.880, de 9 de junho de 2004; 11.273, de 6 de fevereiro de 2006; 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória no 2.178-36, de 24 de agosto de 2001; 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jun. 2009a.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 553 de 30 de agosto de 1995. Dispõe sobre a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate in natura, para fins de comercialização e Revoga as especificações de identidade, Qualidade, Acondicionamento e embalagem do Tomate, estabelecidas pela Portaria nº 76, de 25 de fevereiro de 1975. **Diário Oficial da União**, Brasília, 02 set. 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 007, de 17 de maio de 1999. Estabelece normas para produção de produtos orgânicos vegetais e animais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 maio 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SARC nº 085 de 06 de março de 2002. Propõe o regulamento técnico de identidade e qualidade para classificação do tomate. **Diário Oficial da União**, Brasília, 08 mar. 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa SDA nº 24, de 14 de julho de 2009. Dispõe sobre os requisitos e critérios específicos para funcionamento dos Laboratórios de Análises de Resíduos e Contaminantes em Alimentos integrantes da Rede Nacional de Laboratórios Agropecuários. **Diário Oficial da União**, Brasília, 22 jul. 2009b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Atenção à Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação. **Guia alimentar para a população brasileira**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Manual de condutas gerais do Programa Nacional de Suplementação de Vitamina A**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013a. 34 p.

BRASIL. MINISTERIO DA EDUCAÇÃO. FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. Resolução nº 26, de 19 de julho de 2013. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE. **Diário Oficial da União**, Brasília, 21 jul. 2013.

- BRECHT, J. K. et al. Fisiologia pós-colheita de tecidos vegetais comestíveis In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 760-817.
- BRITTON, G. Carotenoids. In: DEY, P. M; HARBORNE, J. B. **Methods in plant biochemistry**. London: Academic. 1990. v.7: Terpenoids.
- BRITTON, G. UV/visible spectroscopy. In: BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. (Ed.). **Carotenoids: spectroscopy**. Basel: Birkhäuser, 1995. v. 1B, p. 13-62.
- BURN, L. A. et al. Evaluation of copper availability to plants in copper-contaminated vineyard soils. **Environmental Pollution**, v. 111, n. 2, p. 293-302, 2001.
- CALLOU, K. R. A.; COZZOLINO, S. M. F.; Manganês. In: COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueru: Manole, 2013. p. 320-340.
- CALLOU, K. R. A. et al. Elementos -traço. In: COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueru: Manole, 2013. p. 354-390.
- CALVERT, J. **Organic horticulture and nutrition: the best of permaculture**. Nambour: Nascimanere, 1986.
- CAMPOS, F. M. et al. Pró-vitaminas A comercializadas no mercado formal e informal de Viçosa (MG), em três estações do ano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 33-40, 2006.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.1, n.1, p.87-90, nov. 2006.
- CARDOSO, P.C. et al. Vitamin C and Carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, v. 126, n. 2, p. 411-416, May 2011.
- CARVALHO, D. G. **O Programa Nacional de Alimentação Escolar e a sustentabilidade: o caso do Distrito Federal (2005-2008)**. 2009. 238f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Centro de desenvolvimento Sustentável, Brasília, 2009.

- CARVALHO, L. M. J. et al. Total carotenoid content,  $\alpha$ -carotene and  $\beta$ -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): a preliminary study. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p. 337-340, Jul. 2012.
- CASTRO NETO, N. et al. Produção orgânica: uma potencialidade estratégica para a agricultura familiar. **Revista Percurso**, Maringá, v. 2, n. 2, p. 73-95, 2010.
- CHEN, M. F. Consumer attitudes and purchase intentions in relation to organic foods in Taiwan: moderating effects of food-related personality traits. **Food Quality and Preference**, v.18, n. 7, p.1008-1021, Oct. 2007.
- CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 783p.
- COMINETTI, C. Selênio. In: COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueru: Manole, 2013. p. 295-319.
- CONFERÊNCIA ESTADUAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS, 4, 2010, Belo Horizonte. **Por um desenvolvimento com soberania e segurança alimentar e nutricional com sustentabilidade**. Belo Horizonte: Conselho Estadual de Segurança Alimentar e Nutricional Sustentável de Minas Gerais. 2010. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/texcom/nutricion/confdex.pdf>>.
- COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**. Viçosa: Newton Paiva. 2006. 202p.
- DALA PAULA, Bruno Martins. **Metais traço e aminos bioativas em alface proveniente da agricultura urbana**. 2012. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Belo Horizonte, 2012.
- DANELON, M. A. S. **Programa de alimentação escolar em unidades de tempo integral: experiências e desafios de gestão**. 2007. 234f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.
- DANGOUR, A.D. et al. Nutrition related health effects of organic foods: a systematic review. **Journal of Clinical Nutrition**, Philadelphia, v. 92, n. 1, p. 203-210, Jul. 2010.

- DANGOUR, A.D. et al. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, p. 680-685, 2009.
- DAROLT, M. Comparação entre a qualidade do alimento orgânico e a do convencional. In: STRINGHETA, P. C.; MUNIZ, J. B. **Alimentos orgânicos produção, tecnologia e certificação**. Viçosa: UFV, 2003. 452p.
- DAVIES, B.H. Carotenoids. In: GOODWIN, T.W. **Chemistry and biochemistry of plant pigments**. 2 ed. New York: Academic Press London, 1976. p. 38-161.
- DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit: the influence of environment, nutrition and genotype. **Critical Review Food Science Nutrition**, Boca Raton, v.15, n. 1, p. 205-208, 1981.
- ECKERT C.D. Outros elementos-traço. In: SHILLS M. ROSS A.C., CABALLERO B., COUSINS R.J. **Nutrição Moderna na saúde e na doença**. 10 ed. Barueri: Manole, 2009. P.351-6.
- EFSA (European Food Safety Authority). Cadmium in food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. **The EFSA Journal**, v. 980, p. 139, 2009.
- EFSA (European Food Safety Authority). Scientific Opinion on Arsenic in food. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). **The EFSA Journal**, v. 1351, p.198, 2009.
- EL-GIZAWY, A. M.; ABADALLAH, M. M. F.; GOMAA, H. M. Effect of different shading levels on tomato plants.2. Yield and fruit quality. **Acta Horticulturae**, n.323, p.349-353, 1992.
- EMBRAPA HORTALIÇAS. **Distribuição da produção de hortaliças no Brasil**. 2011. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas\\_em\\_numeros/hortalicas\\_em\\_numeros.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros.htm)> Acesso em: 19 jul. 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Irrigação da cultura de cenoura**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2007. (Circular técnica, 48).
- ESPINOZA, W. **Manual de produção de tomate industrial no Vale do São Francisco**. Brasília: IICA Escritório no Brasil, 1991. 301p.

- ESTEVEES, C. S. **Influência de aditivos em solos contaminados com arsênio na produção de hortícolas**. 2009. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, 2009.
- EUROPEAN UNION. Commission Decision 2002/657/EC implementing Council Directive 96/23/EC concerning performance of analytical methods and the interpretation of results. **Official Journal of the European Union L**, v. 125, p. 10-32. May 2002.
- FEUDO, G. L. et al. Investigating the Origin of Tomatoes and Triple Concentrated Tomato Pastes through Multielement Determination by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry and Statistical Analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 6, p. 3801-3807. 2010.
- FERNANDES, R. B. A. et al. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.81–93, 2007.
- FERREIRA, S. M. R. et al. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 858-864, out./dez. 2010.
- FIGUEIREDO NETO, A. et al. Efeito do composto orgânico nas características físico-químicas de cenoura “Brasília” **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.61-66, 2010.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2007. 402p.
- FONSECA, J. R. O. **Cultivos consorciados entre alface, cenoura, manjeriço e melissa**. 2009. 151f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Belo Horizonte, 2009.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed: Codex Standard 193–1995**. Roma: Codex Alimentarius Commission, 2010.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Joint FAO/WHO food standards programme codex alimentarius commission: thirty-first session**. Geneva: FAO/WHO, 2008.

FORD, E. S. et al. Serum carotenoid concentrations in US children and adolescents. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 4, p.818-27, Oct. 2002.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2002.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. p. 36-59.

GIOVANNUCCI, E. et al. A prospective study of tomato products, lycopene, and prostate cancer risk. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 94, n. 5, p. 391-398, Mar. 2006.

GIOVANNUCCI, E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 91, n. 4, p. 317-31, Feb. 1999.

GRAVEL, V. et al. Differences in N uptake and fruit quality between organically and conventionally grown greenhouse tomatoes. **Agronomy Sustainable Development**, v. 30, p. 797-806, 2010.

GREGORY, J. F. Vitaminas. In: DAMADARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 345-408.

GROSS, J. **Pigments in fruits**. London: Academic Press. 1987.

HATHAWAY, G. J.; PROCTOR, N. H.; HUGHES, J. P.; et al.. Arsenic and arsine. In: PROCTOR, N. H.; HUGHES, J. P.; editors. **Chemical hazards of the workplace**. Third edition. New York: Van Nostrand Reinhold, p. 92-96, 1991.

HE, Z. L.; YANG, X. E.; STOFFELLA, P. J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, 19, n. 2-3, p. 125-140, 2005.

HEINONEM, M.I. Carotenoids and provitamin A activity of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, n. 3, p. 609-612, Mar. 1990.

HERENCIA, J. F. et al. Comparison of nutritional quality of the crops grown in an organic and conventional fertilized soil. **Scientia Horticulturae**. v.129, p. 882-888.2011.

HO, C.; RAFI, M. M.; GHAI, G. Substâncias biotivas: nutracêuticas e tóxicas In: DAMADARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 585-588.

HOBSON, G. E.; DAVIES, J. N. The tomato. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic, 1971. v, 2, p. 437-475.

HOEFKENS, C. H. et. al. A literature-based comparison of nutrient and contaminant contents between organic and conventional vegetables and potatoes. **British Food Journal**. v. 111 n.10, p.1078–1097.2009.

HORST, M. A.; LAJOLO, F. M. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. p. 697-731.

HU, C. C. et al. Antioxidant activity of fermented soybean extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.52, n. 18, p. 5735-5739, Sept. 2004.

INSTITUTE OF MEDICINE. Food and Nutrition Board. **Dietary reference intakes: a risk assessment model for establishing upper intake levels for nutrients**. Washington: National Academy Press, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: IAL, 2008. 1032 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: aquisição alimentar domiciliar per capita Brasil e Grandes Regiões**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008–2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009**: desnutrição cai e peso das crianças brasileiras ultrapassa padrão internacional. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1699&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1699&id_pagina=1)>. Acesso em: 10 set. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. **Normalização e qualidade industrial**: orientação sobre validação de métodos analíticos. Rio de Janeiro: INMETRO, 2010. 20 p.

ISMAIL, A.; FUN, C. S. Determination of vitamin C,  $\beta$ -carotene and riboflavin contents in five green vegetables organically and conventionally grown. **Malaysian Journal Nutrition**, v.9, n.1, p.31-39, 2003.

JULSHAMN, K.; MAAGE, A.; NORLI, H.;S.; et al.. Determination of arsenic, cadmium, mercury, and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL1 interlaboratory study. **Journal of AOAC International**, v. 90, n.3, p. 844-856, 2007.

KADER, A. A. et al. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 103, n. 3, p. 742-745, Jan. 1978.

KELLY, S. D.; BATEMAN, A. S. Comparison of mineral concentrations in commercially grown organic and conventional crops: tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) and lettuces (*Lactuca sativa*). **Food Chemistry**, v.119, n. 2, p. 738-745, 2010.

KIMURA, M. et al. Screening and HPLC methods for carotenoids in sweetpotato, cassava and maize for plant breeding trials. **Food Chemistry**, v.100, n. 4, p.1734-1746, 2007.

KIMURA, M., RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. **Food Chemistry**, v. 78, n. 3, p. 389–398, 2002.

KLEIN, B. P.; PERRY, A. K. ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. **Journal Food Science**, v. 47, n. 3, p. 941-945, 1982.

KLUGE, R. A.; MINAMI, K. Efeito de esters de sacarose no armazenamento de tomates Santa Clara. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54. n. 1-2, p. 39-44, jan../ago.1997.

- LAIRON, D. Nutritional quality and safety of organic food: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 30, n.1, p. 33-41, Jan./Mar. 2010.
- LANA, M. M; VIEIRA, J. V. **Fisiologia e manuseio pós-colheita de cenoura**. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2000. 15p.
- LEE, S. K., KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, Nov. 2000.
- LESTER, G. E; SAFTNER, R. A. Organically versus conventionally grown produce: common production inputs, nutritional quality, and nitrogen delivery between the two systems. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 19, p.10401-10406, Oct. 2011.
- LIMA, K. S. C. et al. Efeito da irradiação ionizante na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. Nantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 202-208, 2001.
- LISIEWSKA, Z.; KMIECIK, W. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. **Food Chemistry**, v. 70, n. 2, p. 167-173, Aug. 2000.
- LOURENÇO, R. C. **Discussão sobre o risco de interações de agrotóxicos na dieta brasileira**. 2003. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2003.
- LUGASI, A. et al. Lycopene content of foods and lycopene intake in two groups of the Hungarian population. **Nutrition Research**, v. 23, n. 8, p.1035-1044, Aug. 2003.
- MACHADO, C. M. M. et al. **Influência do espaçamento na quantidade de açúcares e sólidos solúveis totais em cenoura**. Brasília: Associação Brasileira de Horticultura, 2003.
- MAGKOS, F.; ARVANITI, F.; ZAMPELAS, A. Organic food: buying more safety or just peace of mind? a critical review of the literature. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.46, n.1, p. 23-56. 2006.

MAIANI, G.; et al. Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability, and bioavailability and their protective role in humans. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 53, n. 2, p. S194-S218, Sept. 2009.

MAIHARA, V. A.; FÁVARO, D. I. T. Elementos tóxicos. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Manole, 2012. p. 845-877.

MALDONADE, I, R.; CARVALHO, P. G.; FERREIRA, N. A. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método DNS**. Brasília: EMBRAPA, 2013. (Comunicado Técnico, 85).

MANCUSO, C. et al. Inhibition of lipid peroxidation and protein oxidation by endogenous and exogenous antioxidants in rat brain microsomes in vitro. **Neuroscience Letters**, v. 518, n. 2, p. 101-105, Jun. 2012.

MARREIRO, D. N; Zinco. In: COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueru: Manole, 2013. p. 253- 269.

MARTOS, L. M. D. **Determinação voltamétrica sequencial de urânio, cádmio e chumbo em fertilizantes fosfatados utilizando o elétrodo de filme de bismuto**. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Santa Catarina, 2014.

MCDOWELL, D. et al. **A review of the fruit and vegetable food chain**: consumer focused of the fruit and vegetable food chain. 2007, Disponível em: <[http://www.academia.edu/4577178/A\\_Review\\_of\\_the\\_Fruit\\_and\\_Vegetable\\_Food\\_Chain\\_consumer\\_focused\\_review\\_of\\_the\\_fruit\\_and\\_vegetable\\_food\\_chain\\_february\\_2007\\_1\\_Am%C3%A1rach](http://www.academia.edu/4577178/A_Review_of_the_Fruit_and_Vegetable_Food_Chain_consumer_focused_review_of_the_fruit_and_vegetable_food_chain_february_2007_1_Am%C3%A1rach)>.

MELO, E.E.C. et al. Disponibilidade e fracionamento de Cd, Pb, Cu e Zn em função do pH e tempo de incubação com o solo. **Ci. Agrot.**, v.32, p.776-784, 2008.

MILLANI, D.B. *et al.* Minimização da contaminação na determinação de metais traços em águas naturais. **Vetor**. v. 15, n. 2, p. 93-99, 2005.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylle acid for determination of reducing sugar. **Analitical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, Mar. 1959.

- MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I.; HORNERO-MÉNDEZ, D.; PÉREZ-GÁLVEZ, A. Carotenoids and provitamin A in functional foods. In: HURST, W. J. **Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals**. New York: CRC PRESS, 2002. 400p.
- MOREIRA, F. R., & MOREIRA, J. C. Effects of lead exposure on the human body and health implications. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v.15, p. 119-129. 2004
- MORGAN, L. **Tomato fruit flavor and quality evaluation**: Part I. Disponível em: <<http://www.fertcut.com/seach.cfm>>. Acesso em: 03 set. 2014.
- MURTA, P. H. G. et al. Estudos sobre o cádmio como contaminante de alimentos. **Higiene Alimentar**, v.11, n. 49, p. 4-6, 1997.
- NICHOLSON, F. A. et al. An inventory of heavy metal trace metal inputs to agricultural soils in England and Wales. **The Science of the Total Environment**, v. 311, p. 205-219. 2003.
- NOGUEIRA, A. R. A. Preparo de amostras. VIII Encontro Nacional sobre Métodos dos Laboratórios da Empraba. Jaguariúma. São Paulo. Novembro de 2003.
- PACHECO, S. et al. Adaptação do Método de Extração de Carotenoides para Escala de Micro-extração. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO, 4, 2011. **Anais...** Teresina: EMBRAPA, 2011.
- PARKER, R.S. Carotenoids in human blood and tissues. **The Journal of Nutrition**, v. 119, n. 1, p. 101-104, 1989.
- PEDROSA, L. F. C. *et al.* Cobre. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. p. 676-694.
- PELUZIO, M. C. G.; ROSA, D. D.; OLIVEIRA, V. P. Vitaminas antioxidantes. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. Alimentos funcionais componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Rio de Janeiro: Rubio, 2010. p 36-57.
- PENA, R. P. **Rendimento, qualidade e conservação pós colheita de cenoura (Daucus Carota L.) sob adubação, mineral, orgânica e biodinâmica**. 1996, 93f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 1996.

- PEREIRA, M. R.; AMAYA-FARFAN, J.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Avaliação da metodologia analítica para determinação de  $\beta$ -caroteno em macarrão fortificado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n.1, p. 25-38, jan./abr. 1998.
- PERIAGO, M. J. et al. Mixture Approach for Optimizing Lycopene Extraction from Tomato and Tomato Products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 19, p. 5796-5802, Sept. 2004.
- PIERRO, A. Gosto bom. **Cultivar: Hortaliças e Frutas**, n. 14, p.10-12, jun./jul. 2002.
- PINHEIRO-SANTANA, H. M. et al. Evaluation of total carotenoids,  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno in carrots (*Daucus carota* L.) during home processing. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.1, p. 39-44, Jan./Apr. 1998.
- PREZOTTO, L. L. **Sustentabilidade da agricultura familiar**. Fortaleza: Konrad. 2005.167p.
- PROSKY, L. et al. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods, food products: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.75, n.2, p.306-307, May/Jun. 1992.
- PUIG, S.; THIELE, D.J. Molecular mechanisms of copper uptake and distribution. **Curr Opin Chem Biol**. v. 6, n.2, p.171-80, 2002.
- PUSSEMIER, L. et al. Chemical safety of conventionally and organically produced foodstuffs: a tentative comparison under Belgian conditions. **Food Control**, v.17, n. 1, p.14–21, Jan. 2006.
- RAMOS, D. M. R. **Avaliação das perdas de carotenoides e valor de vitamina A durante a desidratação e a liofilização industrial de cenoura e espinafre**. 1991. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 1991.
- RAO, A. V.; WASSEM. Z.; AGARWAL, S. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. **Food Research International**, v. 31, n. 10, p. 737- 741, 1998.

- REMBIAŁKOWSKA, E. Review quality of plant products from organic agriculture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p.2757–2762. 2007.
- REN, H.; ENDO, H.; HAYASHI, T. Antioxidative and antimutagenic activities and polyphenol content of pesticide-free and organically cultivated green vegetables using water-soluble chitosan as a soil modifier and leaf surface spray. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v.81, n. 15, p.1426-1432, Dec. 2001.
- RIBANI, M. et al. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Química Nova**, v. 27, n. 5, p.771-780, Sept./Oct. 2004.
- RIBEIRO, M. C. B. **Qualidade de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita**. 2012. 185f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- RIVERA, S. M.; GARAYOA, R. C. Analytical tools for the analysis of carotenoids in diverse materials. **Journal of Chromatography A**, v. 1224, p. 1-10, Feb. 2012.
- RIZZOLO, A.; POLEELLO, S. Chromatographic determination of vitamins in foods. **Journal of Chromatography**, v.624, n. 1-2, p.103-152, Oct. 1992.
- ROCHA, A.V. et al. Cromo In: COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueru: Manole, 2013. p. 341-353.
- RODRIGUEZ, E. B. et al. Phytochemicals and functional foods: current situation and prospect for developing countries. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, n. 1, p. 1-22, 2006.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoides analysis in foods**. Washington: International Life Sciences Institute Press, 1999. 64p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoides: estruturas, propriedades e funções. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 1, 1997, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1997. p. 20-31.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Updated Brazilian data base on food carotenoids: factor saffecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.21, n. 6, p.445-463, Sept. 2008.

- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids: a review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, n. 7, p.726-740, 2010.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., et al. Carotenoid pigment changes in ripening Momordica charantia fruits. **Annals of Botany**, v.40, n. 3, p.615-624, 1976.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **Harvestplus handbook for carotenoids analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute, 2004. 58p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. 99p
- SAQUET, A. A. Reflexões sobre a agroecologia no Brasil In: ALVES, A. D.; CARRIJO, B. R.; CANDIOTTO, L. Z. P. **Desenvolvimento territorial e agroecologia**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. 256 p.
- SCHAUMLOFFEL, D. Nickel espécies: analysis and toxic effects. **Journal Trace Element Medicine Biological**. v. 26, n. 1, p. 1-6, 2012.
- SCHWARTZ, S.J.; ELBE, J. H.; GIUSTI, M. Corantes In: DAMADARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 463-468.
- SCHWARZSCHILD, L.F.C.P.; MEDEIROS, A. C. Q.; Cobre. In: COZZOLINO, S. M. F.; COMINETTI, C. **Bases bioquímicas e fisiológicas da nutrição nas diferentes fases da vida, na saúde e na doença**. Barueru: Manole, 2013. p. 320-340.
- SHIRAHIGE, F. H. et al. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, v.28, n. 3, p. 292-298, July/Sept. 2010.
- SILVA, A. L. O. et al. Dietary intake and health effects of selected toxic elements. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.1, p.79-93. 2005.
- SILVA, J. B. C. et al. **Cultivo de tomate para industrialização**. 2. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial\\_2ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/index.htm)>.

- SILVA, A. G. H. ROCHA, V. A.; COZZOLINO, S.M.F. Cromo. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Manole, 2012. p. 823-836.
- SILVA, A. G. H. DONADIO, J. L. S.; COZZOLINO, S.M.F. Manganês. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri: Manole, 2012. p. 795-812.
- SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.
- SIMON, P. W.; WOLFF, X. Y. Carotenes in typical and dark orange carrots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.35, n. 6, p.1017-1022. 1987.
- SINGH, D. P. et al. Impact of Boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). **Food Chemistry**, v.132, n. 3, p.1161-1170, June 2012.
- SOUZA, A. F. et al. **Cenoura (*Daucus carota*)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cenoura/Cenoura\\_Daucus\\_Carota/apresentacao.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cenoura/Cenoura_Daucus_Carota/apresentacao.html)>.
- SOUZA, A. P. O.; ALCÂNTARA, R. L. C. Alimentos orgânicos: estratégias para o desenvolvimento do mercado. In: NEVES, M. F.; CASTRO, L. T. (Org.). **Marketing e estratégia em agronegócios e alimentos**. São Paulo: Atlas, 2003.
- SOUZA, E. B. **Transição nutricional no Brasil**: análise dos principais fatores. Cadernos UniFOA, n. 13. p 49 -52. ago. 2010.
- SOUZA, S. V. C. **Procedimento para validação intralaboratorial de métodos de ensaio**: delineamento e aplicabilidade em análises de alimentos. 2007. 296 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia da UFMG, Belo Horizonte, 2007.
- SOUZA, S. V. C.; JUNQUEIRA, R. G. A procedure to assess linearity by ordinary least squares method. **Analytica Chimica Acta**, v. 552, n. 1-2, p. 25-35, Nov. 2005.
- SOUZA, S. V. C.; JUNQUEIRA, R. G.; GINN, R. Analysis of semicarbazide in baby food by liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS-MS) - In-house method validation. **Journal of Chromatography A**, v. 1077, n. 2, p. 151-158, Jun. 2005.

- SOUZA, S. V. C.; PINTO, C. T.; JUNQUEIRA, R. G. In-house method validation: application in arsenic analysis. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3-4, p. 241-247, May 2007.
- SPAGNOL, W. A.; PARK, K. J.; SIGRIST, J. M. M. Taxa de respiração de cenouras minimamente processadas e armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p. 550-554, jul./set. 2006.
- STRAUS, S., et al. Nutritional value and economic feasibility of red beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel) from different production systems. **African Journal of Agricultural Research**. v.7, n. 42, p.5653–5660. 2012.
- STRINGHETA, P. C.; MUNIZ, J. B. **Alimentos orgânicos produção, tecnologia e certificação**. Viçosa: UFV, 2003. 452p.
- SUÁREZ, M. H.; RODRÍGUEZ, E. M. R.; ROMERO, C. D. Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. **Food Chemistry**, v. 106, n. 3, p.1046-1056, Feb. 2008.
- SUÁREZ, M. H.; RODRÍGUEZ, E. M. R.; ROMERO, C. D. Mineral and trace element concentrations in cultivars of tomatoes. **Food Chemistry**, v. 104, n. 2, p.489 - 499, 2007.
- SUOJOLA, T. Variation in sugar content and composition of carrot storage roots at harvest and during storage. **Scientia Horticultural**. v.85, p.1-19, 2000.
- TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TARLOVSKY, V. F. Role of antioxidants in cancer therapy. **Nutrition**, v. 29, n. 1, p. 15-21, Jan. 2013.
- TERMMERMAN, L.; WAEGENEERS, N. Impact of atmospheric deposition of As, Cd and Pb on their concentration in carrot and celeriac. **Environmental Pollution**, v. 166, p. 187-195, Jul. 2012.
- TOLEDO, V. M. Agroecología, sustentabilidad y reforma agrarian: lasuperioridad de lapequeña, producción familiar. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 2, p. 27-36, 2002.

TRIVELLATO, M. D.; Freitas, G. B. Panorama da agricultura orgânica. In: STRINGHETA, P. C.; MUNIZ, J. N. **Alimentos orgânicos: produção, tecnologia e certificação**. Viçosa: UFV. 2003. 452p.

TSUKAKOSHI, Y. et al. Variation in moisture, total sugar, and carotene content of Japanese carrots: use in sample size determination. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.22, n. 5, p. 373–380, Aug. 2009.

TURPIN, M. A. **A alimentação escolar como vetor de desenvolvimento local e garantia de segurança alimentar e nutricional**. 2008. 165f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, 2008.

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **TACO: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Campinas: NEPA, 2011. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco>>.

VAINIO, H.; WEIDERPASS, E. Fruit and vegetables in cancer prevention. **Nutrition and Cancer**, v. 54, N. 1, p. 111–142. 2006.

VAN DUYN, M. A.; PIVONKA, E. Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 100, n. 12, p. 1511-1521, Dec. 2000.

WANDERLEY, M. N. B. Raízes históricas do campesinato brasileiro. In: TEDESCO, J. C. **Agricultura familiar, realidades e perspectivas**. 2. ed. Passo Fundo: EDIUPF, 1999.

WEIS, B.; CHAIM, N. A.; BELIK, W. **Manual de gestão eficiente da merenda escolar**. São Paulo: Fome Zero, 2004.75 p.

WEISBURGER J.H. Mechanisms of action of antioxidants as exemplified in vegetables, tomatoes and tea. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, n. 9-10, p. 943-948, Sept./Oct. 1999.

WEISBURGER, J. H. Lycopene and tomato products en health promotion: mediterranean diet in disease prevention. **Experimental Biology and Medicine**, New York, v.227, n.10, p. 924-927, Apr. 2002.

- WHITE, L. D.; CORY-SLECHTA, D. A.; GILBERT, M. E.; et al.. New and evolving concepts in the neurotoxicology of lead. **Toxicology and applied pharmacology**, v. 225, p. 1–27, 2007.
- WILLER, H.; YUSSEFI, M. **The world of organic agriculture: statistics and emerging trends**. Bonn: International Federation of Organic agriculture Movements, 2007. Disponível em: <<http://www.ifoam.org>>. Acesso em: 29 mar. 2014.
- WILLIAMS, C. M. Nutritional quality of organic food: shades of grey or shades of green? **Proceedings of the Nutrition Society**, v.61, n. 1, p.19-24, Feb. 2002.
- WOESE, K. et al. A comparison of organically and conventionally grown foods: results of a review of the relevant literature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.74, n. 3, p.281-293, July 1997.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diet nutrition and the prevention of chronic diseases**: report of a joint WHO/FAO expert consultation. Geneva, 2003 (WHO Technical Report Series). Disponível em: <[http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO\\_TRS\\_916/fr/](http://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_TRS_916/fr/)>. Acesso em: 26 nov. 2013.
- YUYAMA, L. K. O. et al. Vitamina A (Retinol) e carotenóides. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. p. 219-261.
- YUYAMA, L. K. O. et al. Zinco. In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2012. p. 695-720.
- ZAMBRANO, J.; MOYEJA, J.; PACHECO, L. Efecto del estado de madurez em La composición y calidad de frutos de tomate. **Agronomia Tropical**, v. 46, n. 1, p. 61-72, 1996.
- ZHOU, D. M. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. **Chemosphere**, v.59, n.2, p.167–175, 2005.



