



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
PRÓ-REITORA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO – PPGAN

PAULO VÍCTOR DE LIMA SOUSA

**CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E
MINERAIS EM HORTALIÇAS CONVENCIONAIS E ORGÂNICAS**

TERESINA-PI

2017

PAULO VÍCTOR DE LIMA SOUSA

**CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E
MINERAIS EM HORTALIÇAS CONVENCIONAIS E ORGÂNICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Linha de pesquisa: Qualidade de Alimentos.

Orientadora: Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (DN/PPGAN-UFPI).

Colaboradores:

MSc. Marcos Antônio da Mota Araújo (FMS/Teresina-PI).

Dr. Marcelo Antônio Morgano (ITAL/Campinas-SP).

TERESINA-PI

2017

Universidade Federal do Piauí
Serviço de Processamento Técnico
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Saúde

S725c Sousa, Paulo Vítor de Lima.
Conteúdo de compostos fenólicos, atividade antioxidante e minerais em hortaliças convencionais e orgânicas / Paulo Vítor de Lima Sousa. -- 2017.
91 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Piauí, Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2017.

"Orientadora: Profa Dra. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo."
Bibliografia

1. Vegetais. 2. Alimentos orgânicos. 3. Compostos antioxidantes. I. Título. II. Teresina - Universidade Federal do Piauí.

CDD 612.3

PAULO VÍCTOR DE LIMA SOUSA

**CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E
MINERAIS EM HORTALIÇAS CONVENCIONAIS E ORGÂNICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Linha de pesquisa: Qualidade de Alimentos.

Aprovado em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Presidente:

Prof^a. Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo (DN/PPGAN/UFPI- Orientadora)

1º Examinador

Prof^a. Dr^a. Maria Beatriz Abreu Glória (FAFAR/UFMG)

2º Examinador

Prof^a. Dr^a. Stella Regina Sobral Arcanjo Medeiros (UFPI PICOS/PPGAN-UFPI)

TERESINA-PI

2017

*À Deus, pelas inúmeras graças concedidas.
À minha mãe, **Isaltina**, e à minha família
que souberam cultivar em mim a essência
de quem eu sou.*

Dedico essa vitória a todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus por sempre iluminar o meu caminho, concedendo-me a graça de superar os inúmeros obstáculos, tranquilizando-me nos momentos de angústia e por ajuda-me a concretiza mais este sonho.

À minha querida orientadora, Prof^a Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo, por ter concedido a oportunidade de fazer parte do seu grupo de estudo, LABROMBIOQ, desde o início das minhas colaborações em projetos, pelas suas orientações em Iniciação Científica e no TCC, transmitindo-me segurança e confiança no meu trabalho. Obrigado pelos seus valiosos ensinamentos de vida e por me fazer crescer, tanto como profissional, quanto como ser humano. Obrigado por tudo!

Ao Prof. Marcos Antônio da Mota Araújo, pela paciência, gentileza e disponibilidade para a realização das análises estatísticas e interpretação dos dados do estudo.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), por fornecer, aos seus alunos, um ambiente que nos estimula, a cada dia, ao aprimoramento científico e tecnológico.

Ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN), pela sua equipe de docentes qualificados e empenhados que tiveram contribuições importantes para minha formação profissional e pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo para a realização da pesquisa.

Ao pesquisador Dr. Marcelo Antônio Morgano, pesquisador do ITAL-SP, pela realização das análises de minerais nas amostras de hortaliças do presente estudo.

À minha grande amiga, Joyce Oliveira, por todo incentivo e companheirismo nos estudos, desde a nossa graduação, para a realização da seleção do Mestrado deste Programa e por sempre torcer por mim, transmitindo sempre seus pensamentos positivos. Desejo-lhe sempre o melhor!

À Nathasha Saldanha e à Apolyanna Nayra, pela nossa amizade que se consolidou na Iniciação Científica, sempre me fazendo sentir bem e querido quando estamos juntos lembrando os bons momentos vividos. Obrigado por me fazerem sentir especial.

Ao meu amigo e agora mestrando, Gleyson Moura, pelo companheirismo diário no momento das análises que, quase sempre, ultrapassavam às 7 horas da

noite, mas continuávamos focados nos nossos objetivos, e, principalmente, pelos momentos de descontração e gargalhadas e que deixava esse trabalho mais leve.

À MSc. Nara Vanessa dos Anjos Barros, pela amizade criada desde o início do Estágio Ciência de Alimentos que se perpetua até os dias atuais, por me acompanhar durante a realização de todas as análises da pesquisa, pela socialização de seus conhecimentos, pela paciência e sinceridade ao responder os inúmeros questionamentos acerca da metodologia das análises da pesquisa.

Aos Mestres Rodrigo Barbosa e Rayssa Porto e à Dr^a. Amanda Castro, pela amizade e solidariedade durante as análises. Agradeço muito pelas suas contribuições para o alcance das minhas metas e objetivos.

À todos que fazem parte do grupo LABROMBIOQ e LASA, pelas inúmeras ajudas para a realização da pesquisa.

A Luana Silva, pelas confidências, pela amizade sincera e verdadeira, que sempre me ajudou sem nada receber em troca.

À minha turma de mestrado 2015-2017, pela nossa união perante os obstáculos e dificuldades vividos e vencidos. Agradeço, em especial, a Juliana Eulálio, pela cumplicidade e por me fazer sair, às vezes, da rotina dura de trabalho me levando para almoçar em sua casa, sempre na companhia do seu filho, o príncipe Mateus, e seu esposo, Fábio.

A todos os funcionários do Departamento de Nutrição da UFPI, que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Às minhas amigadas de infância, Lorena Marinho, Suellen Lages e Drielly Lages, pelo apoio incondicional nos momentos de angústia e aflição, sempre me ajudando a combater o nervosismo com boas gargalhadas.

Às duas pessoas que se tornaram essenciais nessa minha jornada, tornando-se minhas mães de coração, Girlene Paulo e Tia Rosinha, por toda demonstração de carinho, amor incondicional e acolhimento.

À minha mãe, Isaltina, por ser fonte da minha inspiração que sempre fez de tudo para me dar conforto e alegria. Mãe, sei que vou lhe retribuir tudo em dobro. TE AMO!

À minha família que sempre me acompanhou nessa grande jornada, pelos valores e princípios repassados que me fizeram ser quem sou.

Meus sinceros agradecimentos!

“ Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘ Por quê? ’ Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘ Por que não? ’ ”

(Geroge Bernard Shaw)

RESUMO

SOUSA, P. V. L. **CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E MINERAIS EM HORTALIÇAS CONVENCIONAIS E ORGÂNICAS**. 2017. 91p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

A agricultura orgânica é um sistema de produção agrícola que visa a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, enfatizando a adoção de práticas de manejo em oposição ao uso de elementos estranhos ao ambiente rural. Estudos têm demonstrado que os alimentos provenientes do cultivo orgânico, entre eles as hortaliças, têm-se destacado em relação ao seu valor nutritivo e funcional quando comparados aos alimentos do cultivo convencional. O presente estudo objetivou analisar os teores de compostos bioativos e minerais, bem como a atividade antioxidante de hortaliças provenientes do sistema de cultivo orgânico e convencional, visando identificar a influência do sistema de cultivo. As hortaliças analisadas foram: alface crespa, alface americana, alface roxa, repolho verde e repolho roxo. Analisou-se a composição centesimal (umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos), Valor Energético Total (VET), os compostos bioativos (compostos fenólicos totais, flavonoides totais, antocianinas e taninos condensados), a atividade antioxidante e os teores de minerais. Os resultados foram expressos como média + desvio-padrão e utilizou-se o teste *t* de *Student* ($p < 0,05$) para verificar diferença entre as médias do tipo de cultivo e as hortaliças. Em relação à composição centesimal, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao sistema de cultivo, obtendo maiores conteúdos de cinzas para alface crespa (0,91 mg/100 g), alface roxa (1,01 mg/100 g) e repolho verde (0,57 mg/100 g) do cultivo orgânico, maior conteúdo de proteínas apenas para alface americana orgânica (1,30 mg/100 g), menores teores de lipídios para alface crespa (0,33 mg/100 g), alface americana (0,27 mg/100 g), alface roxa (0,25 mg/100 g) e repolho roxo (0,32 mg/100 g) do cultivo orgânico. Destacam-se maiores conteúdo de carboidratos na alface crespa (2,23 mg/100 g), alface roxa (1,81 mg/100 g) e repolho roxo (6,89 mg/100 g). O VET variou de 12,09 a 33,87 Kcal/100 g. Observaram-se maiores conteúdo de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, taninos condensados e antocianinas para as hortaliças do sistema de cultivo orgânico, com exceção da alface americana orgânica que obteve apenas maior conteúdo de taninos condensados. As hortaliças do sistema de cultivo orgânico apresentaram maior atividade antioxidante quando comparadas as do sistema de cultivo convencional, com exceção da alface americana orgânica, com destaque para alface crespa (4261,77 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$) e alface roxa (3779,11 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$) orgânicos. O conteúdo de minerais foi influenciado pelo sistema de cultivo, com menor teor para Na, Cu, Mg, Mn, Fe, P e Zn e maior para Ca e K nos diferentes tipos de alface do cultivo orgânico e maior conteúdo de Ca, Na, Mg, P e K nos dois tipos de repolho orgânico. Concluiu-se que o sistema de cultivo influenciou nas características nutritivas e funcionais das hortaliças analisadas.

Palavras-chave: vegetais, alimentos orgânicos, compostos antioxidantes, nutrientes.

ABSTRACT

SOUSA, P. V. L. **CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS, ANTIOXIDANT ACTIVITY AND MINERALS IN CONVENTIONAL AND ORGANIC VEGETABLE.** 2017. 91p. Thesis (Master) - Master's Programme in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina- PI.

Organic agriculture is a system of agricultural production that aims at preserving biodiversity and ecosystems, emphasizing the adoption of management practices as opposed to the use of elements alien to the rural environment. Studies have shown that foods from organic cultivation, including vegetables, have been shown to be superior in relation to their nutritional and functional value when compared to conventional food. The present study aimed to analyze the bioactive and mineral compounds contents, as well as the antioxidant activity of vegetables from the organic and conventional cultivation system, in order to identify the influence of the cultivation system. The vegetables analyzed were: green-leaf lettuce, iceberg lettuce, red-leaf lettuce, green cabbage and purple cabbage, from conventional and organic cultivation. The centesimal composition (moisture, ashes, lipids, proteins and carbohydrates), Total Energy Value, bioactive compounds (total phenolic compounds, total flavonoids, anthocyanins and condensed tannins), antioxidant activity and mineral contents were analyzed. The results were expressed as mean \pm standard deviation and Student's t-test ($p < 0.05$) was used to verify differences between the means of the type of crop and the vegetables. In relation to the centesimal composition, there was a significant difference ($p < 0.05$) in relation to the cultivation system, obtaining higher ash contents for green-leaf lettuce (0.91 mg/100 g), red-leaf lettuce (1.01 mg/100 g) and green cabbage (0.57 mg/100 g) of organic cultivation, higher protein content only for organic iceberg lettuce (1.30 mg/100 g), lower lipid contents for green-leaf lettuce (0.33 mg/100 g), iceberg lettuce (0.27 mg/100 g), red-leaf lettuce (0.25 mg/100 g) and purple cabbage (0.32 mg/100 g) of the organic cultivation. Higher carbohydrate content was observed in green-leaf lettuce (2.23 mg/100 g), red-leaf lettuce (1.81 mg/100 g) and purple cabbage (6.89 mg/100 g). The Total Energy Value ranged from 12.09 to 33.87 Kcal/100 g. Greater content of total phenolic compounds, total flavonoids, condensed tannins and anthocyanins were observed for organic vegetables, with the exception of organic iceberg lettuce that obtained only higher content of condensed tannins. The vegetables of the organic cultivation system presented higher antioxidant activity when compared to the conventional culture system, with the exception of organic iceberg lettuce, with emphasis to organic green-leaf lettuce (4261.77 $\mu\text{mol TEAC}/100$ g) and organic red-leaf lettuce (3779.11 $\mu\text{mol TEAC}/100$ g). The content of minerals was influenced by the cultivation system, with lower content for Na, Cu, Mg, Mn, Fe, P and Zn and higher for Ca and K in the different types of organic lettuce and higher content of Ca, Na, Mg, P and K in the two types of organic cabbage. It was concluded that the cultivation system influenced the nutritional and functional characteristics of the vegetables analyzed.

Keywords: vegetables. organic foods. antioxidant compounds. nutrients.

LISTA DE FIGURAS

01 Rota do ácido chiquímico e ácido malônico para a produção dos compostos fenólicos.	28
02 Estrutura química dos flavonoides.	31
03 Estrutura química das antocianinas.	33
04 Estrutura dos taninos condensados.	35
05 Reação de estabilização do radical DPPH com um antioxidante.	38
06 Alface Crespa Convencional (A) e Orgânica (B).	40
07 Alface Americana Convencional (A) e Orgânica (B).	40
08 Alface Roxa Convencional (A) e Orgânica (B).	41
09 Repolho Verde Convencional (A) e Orgânico (B).	41
10 Repolho Roxo Convencional (A) e Orgânico (B).	41
11 Fluxograma da preparação do extrato acetona 80% das amostras.	46

LISTA DE TABELAS

01 Resultados obtidos, por alguns autores, para amostras de alimentos provenientes do sistema de cultivo orgânico quando comparado ao sistema convencional.	22
02 Classes e estrutura de alguns compostos fenólicos em plantas.	29
03 Condições otimizadas de operação do equipamento ICP OES usadas para a determinação dos elementos minerais em amostras de vegetais	50
04 Composição centesimal e valor energético total das hortaliças dos sistemas de cultivo convencional e orgânico.	52
05 Compostos fenólicos da alface crespa, americana e roxa do sistema de cultivo convencional e orgânica.	57
06 Atividade antioxidante ($\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$) da alface crespa, americana e roxa do sistema de cultivo convencional e orgânico.	61
07 Conteúdo de minerais ($\text{mg}/100\text{ g}$) para as amostras de alface crespa, americana e roxa do sistema de cultivo convencional (conv) orgânico (org).	62
08 Compostos fenólicos do repolho verde e roxo do sistema de cultivo convencional e orgânica.	65
09 Atividade antioxidante ($\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$) do repolho verde e roxo do sistema de cultivo convencional e orgânico.	68
10 Conteúdo de minerais ($\text{mg}/100\text{ g}$) para as amostras de repolho verde e roxo do sistema de cultivo convencional (conv) orgânico (org).	69
11 Correlação entre atividade antioxidante e os conteúdos de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, taninos e antocianinas em relação aos vegetais e tipos de cultivos.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AlCl ₃	Cloreto de Alumínio
BHA	Butilato Hidroxi Anisol
BHT	Butilato Hidroxi Tolueno
C	Carbono
Ca	Cálcio
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DCNT	Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DN	Departamento de Nutrição
DP	Desvio-Padrão
DPPH	1,1-difenil-2-picrilhidrazil
EQ	Equivalente a Quercetina
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
Fe	Ferro
FMA	Fungos Micorrízicos Arbusculares
GAE	Gallic Acid Equivalent
HCl	Ácido Clorídrico
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
K	Potássio
Kcal	Kilocalorias
LABROMBIOQ	Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos
LDL	Low Density Lipoprotein
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Na	Sódio
NaNO ₂	Nitrito de Sódio
NaOH	Hidróxido de Sódio

OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Fósforo
PNAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
RF	Rádio-Frequência
SISORG	Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica
SP	São Paulo
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TEAC	Trolox Equivalent Antioxidant Capacity
UFPI	Universidade Federal do Piauí
VET	Valor Energético Total
Vigitel	Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	17
2.1 Hortaliças	17
2.2 Sistema de Cultivo Orgânico	19
2.3 Qualidade Nutricional e Funcional dos Alimentos Orgânicos	22
2.4 Impacto do Sistema de Cultivo no Conteúdo de Minerais	23
2.5 Compostos Bioativos.....	25
2.5.1 Compostos Fenólicos Totais	28
2.5.2 Flavonoides Totais	31
2.5.3 Antocianinas.....	32
2.5.4 Taninos Condensados.....	34
2.6 Antioxidantes	36
2.6.1 Método do radical <i>2,2-Difenil-1-picrilidrazil</i> – DPPH	37
3 OBJETIVOS.....	39
3.1 Geral.....	39
3.2 Específicos	39
4 METODOLOGIA	40
4.1 Obtenção das amostras	40
4.2 Matérias-primas.....	40
4.3 Local e período de estudo	42
4.4 Preparo das amostras	42
4.5 Composição centesimal	42
4.5.1 Umidade	42
4.5.2 Cinzas	43
4.5.3 Lipídios	43
4.5.4 Proteínas	44
4.5.5 Carboidratos.....	45
4.5.6 Valor Energético Total	45
4.6 Compostos bioativos	45
4.6.1 Elaboração dos extratos.....	45
4.6.2 Compostos Fenólicos Totais	46

4.6.3 Flavonoides Totais	46
4.6.4 Antocianinas totais	47
4.6.5 Taninos condensados (Proantocianidinas).....	48
4.7 Determinação da Atividade Antioxidante.....	48
4.7.1 Método espectrofotométrico com o reagente DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)	48
4.8 Teores de Minerais.....	49
4.8.1 Digestão das amostras.....	49
4.8.2 Instrumentação.....	50
4.8.3 Curvas Analíticas	50
4.9 Análise estatística	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 Composição centesimal e VET	52
5.2 Compostos Fenólicos na Alface	57
5.3 Atividade Antioxidante na Alface	61
5.4 Conteúdo de Minerais na Alface	62
5.5 Compostos Fenólicos no Repolho.....	65
5.6 Atividade Antioxidante no Repolho.....	67
5.7 Conteúdo de Minerais no Repolho	69
5.8 Correlação entre atividade antioxidante e compostos fenólicos nas hortaliças...71	
6 CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS.....	74
APÊNDICES	87

1 INTRODUÇÃO

As hortaliças são componentes de uma dieta saudável que se destacam por serem alimentos ricos em vitaminas, minerais e fibras que contribuem para a proteção à saúde e diminuição do risco de ocorrência de várias doenças (BRASIL, 2014).

Nos últimos anos, as publicações científicas nacionais verificaram a evolução no padrão de consumo alimentar, com a crescente preocupação com a qualidade e a segurança dos alimentos, bem como mudanças nos sistemas de produção agrícola (MOOZ e SILVA, 2014).

Diante disso, os consumidores cada vez mais levam em consideração os riscos alimentares que os produtos podem oferecer no momento da escolha dos alimentos, como as práticas higiênicas, os riscos microbiológicos, os métodos de produção, as aplicações de pesticidas, o uso da biotecnologia e várias outras inovações tecnológicas (CHINNICI; DÁMICO; PECORINO, 2002; ARBOS et al., 2010a).

Outro fator que favoreceu a crescente demanda por alimentos saudáveis foi a maior conscientização acerca dos benefícios de frutas e hortaliças, tanto para a saúde quanto para a preservação do ecossistema. Desta forma, a demanda por produtos com boa qualidade, obtidos por meio de práticas agrícolas sustentáveis, como os métodos orgânicos de produção, tem aumentado significativamente e vem se fortalecendo mundialmente (OLIVEIRA, 2012; MOOZ e SILVA, 2014).

Esse crescente interesse pelo consumo de alimentos com menor teor de contaminantes e com maior valor nutritivo, além da busca por hábitos de vida mais saudáveis, têm contribuído para impulsionar o consumo de alimentos orgânicos, na qual, em 2011, foram vendidos quase US\$ 63 bilhões de alimentos orgânicos, cerca de US\$ 4 bilhões a mais do que em 2010 (FAO, 2013). O aumento da demanda de alimentos orgânicos é uma tendência que favorece a criação de novas oportunidades, como emprego e renda aos produtores da agricultura familiar (FERREIRA et al., 2010b).

A agricultura orgânica é um sistema de produção agrícola que visa à preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, enfatizando a adoção de práticas de manejo em oposição ao uso de elementos estranhos ao ambiente rural, especialmente o uso de produtos químicos ou matérias sintéticas que

desempenham no solo funções não observados nos ecossistemas de forma natural enfatizando o uso de recursos disponíveis que incluem a utilização da energia solar e eólica, rotação de culturas e controle biológico (SOUZA, 2012).

É indiscutível a ação benéfica que o consumo regular de frutas e hortaliças proporciona à saúde do homem. As frutas e hortaliças são excelentes fontes de vitaminas, minerais, macronutrientes e outros compostos não nutrientes conhecidos como compostos bioativos ou fitoquímicos (CARDOSO et al., 2011).

Estudos epidemiológicos têm demonstrado que o efeito protetor exercido pelo consumo desse alimento se deve à presença de substâncias antioxidantes, como algumas vitaminas (vitaminas C e E), compostos fenólicos (flavonoides) e carotenoides (CROWE et al., 2011; GAWLIK-DZIKI, 2012), sendo que seu conteúdo é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais, além do grau de maturação, variedade da planta e o sistema de cultivo (ARBOS et al., 2010b; SOUZA, 2012).

Estudos têm verificado que os alimentos provenientes do sistema de cultivo orgânico, entre eles as hortaliças, apresentam maiores teores de nutrientes quando comparados aos alimentos do sistema de cultivo convencional (ABREU et al., 2010; SOUZA, 2012).

No que se refere às concentrações de compostos bioativos que desempenham funções biológicas aos vegetais e aos seres humanos, como é o caso dos compostos fenólicos, carotenoides, flavonoides e do ácido ascórbico, estudos demonstraram um teor mais elevado desses compostos em alimentos obtidos pelo sistema de cultivo orgânico (ARBOS et al., 2010b; COPETTI, 2010; ROSSETO et al., 2009).

Entretanto, essa maior qualidade nutritiva e funcional dos alimentos orgânicos nem sempre é verificada nos estudos reportados na literatura, uma vez que algumas hortaliças convencionais, como alface e pimentão, apresentaram maiores teores de compostos bioativos em relação às do sistema de cultivo orgânico (HALLMANN e REMBIAŁKOWSKA, 2012; SOFO et al., 2016)

Diante do exposto sobre os benefícios do consumo dos alimentos orgânicos para à saúde humana, realizou-se o presente estudo visando determinar os teores de compostos bioativos e minerais, bem como a atividade antioxidante de hortaliças provenientes do sistema de cultivo orgânico e convencional, com a finalidade de verificar a influência do sistema de cultivo.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Hortaliças

As hortaliças são definidas como plantas herbáceas das quais suas partes são utilizadas como alimento na sua forma natural, exercendo importante papel para o organismo, pois são compostas de nutrientes, dentre eles vitaminas, sais minerais, proteínas e fibras, (BRASIL, 1978).

Nos séculos XV a XVII, período das grandes navegações e época em que ocorreu o descobrimento do Brasil, os espanhóis e os portugueses seguidos posteriormente de ingleses, franceses e holandeses, tiveram um papel fundamental na distribuição das hortaliças de seus centros de origem primário para o mundo. Neste período, os portugueses tiveram um papel fundamental no intercâmbio de diversas hortaliças entre o Brasil e suas colônias na África e Ásia (MADEIRA; REIFSCHEIDER; GIORDANO, 2008).

A produção de hortaliças, no Brasil, se desenvolveu significativamente durante a Segunda Guerra Mundial, no início da década de 1940, e passou de pequenas explorações diversificadas chamadas de “cinturões verdes”, nos arredores das cidades, a explorações especializadas em áreas maiores, com deslocamento em direção ao meio rural (FILGUEIRA, 2003).

Ao longo da década de 2000-2010, o setor e produtos hortícolas cresceu mais de 11% ao ano a nível mundial, quase 20% na África e 17% na Ásia, entretanto, a Europa continua a ser o maior exportador. O Brasil registrou, em 2010, uma produção de mais de 11 mil toneladas de produtos hortícolas, representando um percentual de crescimento de 4,5% nos anos de 2000-2010 (FAO, 2013).

O consumo diário de hortaliças, em quantidades adequadas, assume papel fundamental na prevenção contra as Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), bem como o seu consumo insuficiente é apontado como um dos dez principais fatores de risco para as DCNT, como câncer gastrointestinal, doenças cardíacas e obesidade (WHO, 2011).

A fim de prevenir as DCNT, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e Organizações da Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) recomendam um consumo mínimo de 400 gramas diárias, ou seja, cerca de cinco porções diárias de hortaliças com 80 gramas (WHO, 2003).

Dados obtidos em estudos epidemiológicos apontam que a baixa ingestão deste alimento é responsável por 1,7 milhões de óbitos e 16,0 milhões de morbidades ocorridas anualmente em todo o mundo (WHO, 2011).

Além de fornecerem componentes importantes para desempenharem funções básicas do organismo como, por exemplo, ácido ascórbico, betacaroteno, ácido fólico e minerais, as hortaliças são fontes de compostos bioativos que estão diretamente associados à prevenção de doenças (FALLER e FIALHO, 2009; SLAVIN e LLOYD, 2012).

Apesar dos benefícios para a saúde, o consumo de hortaliças tem sido ainda muito limitado, correspondendo, no Brasil, a cerca de um quarto das recomendações nutricionais. Na última Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada em 2008-2009, evidenciou-se apenas 26% de adequação do consumo de hortaliças (IBGE, 2010).

De acordo com a Pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel), a frequência de consumo recomendado de frutas e hortaliças, em 2014 pela população brasileira, foi de 29,4%, sendo menor em homens (23,9%) do que em mulheres (33,8%), sendo que as menores frequências no sexo masculino ocorreram em Manaus (13,6%), Salvador (17,9%) e Teresina (18,2%) e, no sexo feminino, em Belém (22,9%), Fortaleza (24,5%) e Manaus (25,6%) (BRASIL, 2015).

Dentre as hortaliças folhosas, a alface é considerada a mais importante no mundo de maior relevância na alimentação dos brasileiros o que assegura a cultura expressiva importância econômica (SALA e COSTA, 2012).

A alface é preferida entre os produtores que a cultivam, devido a fatores como larga adaptação a diferentes condições climáticas, possibilidade de cultivos sucessivos no mesmo ano, boa preferência e demanda do consumidor (FERREIRA et al., 2009). Segundo Ohse et al. (2009), a importância nutricional da alface é indiscutível, por ser uma grande fonte de vitaminas e sais minerais na alimentação humana.

Outra hortaliça de grande importância econômica é o repolho pertencente à família Brassicaceae. É uma das hortaliças mais eficientes na produção de alimentos, em face de sua alta taxa de crescimento e apresenta excelente composição nutricional, destacando-se como fonte de vitamina C, e elevado teor de sais minerais importantes para a dieta humana (FONTANÉTTI et al., 2006).

Diante do exposto, enfatiza-se a importância ao estímulo do consumo de hortaliças, como forma de contribuir para a variedade da alimentação e oferta adequada de micronutrientes, bem como a prevenção contra as DCNT e a manutenção da saúde.

2.2 Sistema de Cultivo Orgânico

Há alguns anos o sistema de cultivo convencional tem-se mostrado ineficaz para a preservação dos recursos naturais, pois comprometem a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas, a qualidade dos solos e dos recursos hídrico, bem como a Segurança Alimentar e Nutricional, devido ao aumento da dependência de insumos contaminantes e não renováveis (SOUZA, 2012).

O desenvolvimento da agricultura orgânica ocorreu na década de 1920 com os experimentos realizados por Albert Howard na Índia que realizou trabalhos de adubação orgânica e compostagem, sendo seus trabalhos divulgados na Inglaterra e nos Estados Unidos (EHLERS, 1996).

No mercado europeu, o surgimento dos primeiros produtos orgânicos ocorreu na década de 1970. Com isso, o comércio desses produtos se intensificou no final da década seguinte, consolidando-se a partir de 1990 (ALVES; SANTOS; AZEVEDO, 2011).

Considerada como uma alternativa ao desenvolvimento sustentável, a agricultura orgânica vem apresentando um grande desenvolvimento nas últimas décadas, em vários países do mundo, principalmente no Brasil, onde esse sistema de cultivo já contribui com uma significativa parcela para a economia nacional (SANTOS et al., 2012).

A agricultura orgânica é baseada em um sistema holístico que emprega a produção de alimentos sem a utilização de insumos químicos na lavoura (AZADI e HO, 2010). Esse sistema de cultivo tem como princípio básico o aumento da diversidade biológica possibilitando, ao mesmo tempo, cumprir o papel social, econômico e ambiental, diferentemente do sistema convencional, que desequilibra o ecossistema, tendo a produtividade como foco principal (RIBEIRO et al., 2013).

A importância da agricultura orgânica depende não só da exclusão do uso de pesticidas, mas também sobre o efeito na qualidade do ambiente, uma vez que o uso indiscriminado de pesticidas contamina o solo e a água, provocando, assim,

uma poluição generalizada no ecossistema. Outros problemas são observados com a utilização da agricultura convencional, tais como um aumento da erosão e poluição do solo, bem como custo mais elevado de energia da produção global (AZADI e HO, 2010).

Além disso, caracteriza-se por envolver um grande número de pequenos e médios produtores, representando 90% do total, com a produção destinada ao mercado interno e os 10% restantes, constituídos por grandes produtores, encarregam-se da produção voltada à exportação (BRASIL, 2007).

No Brasil, os ideais da agricultura orgânica foram introduzidos apenas no início da década de 1970, quando se começaram a repensar sobre o modelo de produção convencional da agricultura e os impactos do mesmo no meio ambiente (CASTRO NETO et al. 2010).

Desde 1990, o sistema de cultivo orgânico vem crescendo rapidamente devido principalmente aos impactos causados pelo sistema de cultivo convencional com a degradação do meio ambiente, redução da mão-de-obra, pelos resíduos químicos de insumos agrícolas e, principalmente, a maior consciência dos consumidores quanto aos efeitos adversos que estes resíduos podem causar à saúde (ARAÚJO; PAIVA; FILGUEIRA, 2007).

Ao mesmo tempo, alguns pesquisadores passavam a questionar no meio acadêmico os impactos ambientais causados pela intensificação do uso da tecnologia na agricultura, e as experiências agrícolas de produção de alimentos sem agrotóxicos eram bem sucedidas no interior de São Paulo, aumentando o interesse por um sistema de produção sustentável, com manejo e proteção dos recursos naturais (NETO et al., 2010).

O sistema orgânico de produção no Brasil está regulamentado pela Lei Federal n.10.831 de 23 de dezembro de 2003, que contém normas disciplinares para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade dos produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal (BRASIL, 2003).

A partir da referida Lei Federal, estabeleceu-se o Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade Orgânica (SISORG) integrado por órgãos e entidades da Administração Pública Federal e pelos organismos de avaliação de conformidade credenciados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que foi criado

para identificar e controlar a produção nacional de alimentos orgânicos, quanto a sua origem e processo produtivo (BRASIL, 2003).

É importante ressaltar que no Brasil a agricultura orgânica concentra-se em fornecer produtos de consumo direto, sendo os principais: as conservas e os hortigranjeiros frescos. Essa produção concentra-se nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná e Rio Grande do Sul, na qual são comercializados em feiras e lojas de produtos naturais (SANTOS et al., 2012).

Outro fato importante é que alguns estados e municípios brasileiros iniciaram o processo de utilização de alimentos orgânicos em escolas públicas beneficiadas pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). Este programa estabelece que o Estado deve dar prioridade à seleção desses alimentos que compõem o cardápio do programa, com o propósito de incentivar o desenvolvimento local sustentável das cooperativas de pequenos produtores (BRASIL, 2009).

A crescente demanda por alimentos produzidos com menos agrotóxicos e menos agressivos ao meio ambiente é uma tendência mundial que se reflete também no Brasil, impulsionado, principalmente, pela preocupação dos consumidores com a qualidade dos alimentos, incluindo-se as instituições responsáveis por produzir refeições para coletividades, como restaurantes, hospitais, escolas, entre outros (FIGUEIREDO NETO et al., 2010).

Diante disso, diversos estudos têm sido realizados para demonstrarem as atitudes e motivações pelas quais os consumidores preferiam o consumo de alimentos orgânicos. Andrade e Bertoldi (2012) demonstraram que 82% dos entrevistados mencionaram que os alimentos orgânicos possuíam elevados teores de nutrientes em relação ao convencional e que 98,8% acreditavam que os benefícios à saúde eram advindos do consumo dos alimentos orgânicos.

Segundo Santos et al. (2012), o consumo de produtos orgânicos é baseado na segurança alimentar aliada ao não uso de agrotóxicos que constituem fatores que influenciam na decisão do consumidor, de forma que se vem crescendo a conscientização da sociedade em relação à importância dos produtos oriundos da agricultura orgânica.

Portanto, a produção e o consumo de alimentos orgânicos vêm apresentando um ritmo consideravelmente crescente em todo mundo, devido ao crescimento da crítica à agricultura convencional que possibilitou o aumento do

interesse pelas práticas agrícolas consideradas não-convencionais que proporcionem a preservação do meio ambiente, bem como benefícios à saúde.

2.3 Qualidade Nutricional e Funcional dos Alimentos Orgânicos

O Guia Alimentar para População Brasileira recomenda o consumo de alimentos orgânicos como uma prática alimentar saudável, bem como por serem seguros, livres de agrotóxicos. Além disso, o sistema de produção de alimentos orgânicos vai de encontro ao 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, 2014).

Estudos têm sido realizados para comparar os alimentos obtidos pelos sistemas de cultivo convencional e orgânico em relação ao seu valor nutritivo e funcional (Tabela 01).

Tabela 01. Resultados obtidos, por alguns autores, para alimentos provenientes do sistema de cultivo orgânico quando comparado ao sistema convencional.

AUTORES	AMOSTRAS	CULTIVO ORGANICO
Worthington (2001)	Alface e repolho	Maiores conteúdos de vitamina C, ferro, fósforo e magnésio.
Barrett et al. (2007)	Tomate	Maior teor de sólidos solúveis totais e acidez titulável.
Yagui (2008)	Alface e coentro	Menor teor de proteínas
Arbos et al. (2010a)	Alface e tomate	Maior conteúdo de vitamina C.
Ferreira et al. (2010a)	Tomate	Tendência em possuir maior teor de vitamina C, cinzas, pH,
Silva et al. (2011)	Alface crespa	Menor concentração de nitrato e maior concentração de ácido ascórbico.
Hallmann e Rembiałkowska (2012)	Pimentão	Não diferiu no teor flavonoides totais

Vieira et al. (2014)	Mini-tomates (<i>Sweet Grape</i>)	Maiores teores de cinzas, proteínas, lipídios e licopeno.
Negrão; Moreira- Araújo; Sousa (2015)	Alface crespa	Maior conteúdo de compostos fenólicos, flavonoides.
Sofo et al. (2016)	Alface crespa	Menor conteúdo de compostos fenólicos

De acordo com Arbos et al. (2010b) e Copetti (2010), os alimentos orgânicos, dentre eles as hortaliças, contém, muitas vezes, maiores concentrações de ácido ascórbico e maiores teores de compostos fenólicos quando comparado aos que são produzidos pelo sistema convencional.

Alimentos cultivados pelo sistema orgânico contêm menos nitratos, nitritos, entretanto, maior teor de matéria seca, vitamina C, aminoácidos essenciais, açúcares totais e compostos fenólicos quando comparados aos alimentos cultivados pelo sistema convencional. Além disso, possuem mais compostos minerais e normalmente têm melhor qualidade sensorial (REMBIAKOWSKA, 2007).

Ferreira et al. (2010a) ao avaliarem a qualidade do tomate no sistema de cultivo orgânico e convencional, verificaram que os tomates provenientes do sistema convencional apresentam maior massa, volume e uma tendência a maior peso específico, açúcares redutores e teor de nitrato e nitrito em relação aos do sistema orgânico. Entretanto, os tomates orgânicos apresentaram maior valor de pH, vitamina C e cinzas.

Ferreira et al. (2010a) afirmaram que as diferenças entre as amostras do sistema convencional e orgânico podem ser decorrentes de diversos fatores, como cultivares, estádios de maturação dos frutos, composição do solo, fertilização, condições climáticas e manejo.

2.4 Impacto do Sistema de Cultivo no Conteúdo de Minerais

De modo geral, os alimentos orgânicos têm apresentado conteúdos significativos de nutrientes, especialmente no teor de minerais, pois são produzidos

a partir de um solo equilibrado em nutrientes, com ausência de produtos químicos e manejos agrícolas que não degradam o solo (AZADI e HO, 2010).

Araújo (2012) verificou que o tomate e a alface do cultivo orgânico apresentaram teores maiores dos minerais cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe) e magnésio (Mg). Entretanto, o conteúdo de manganês (Mn) e zinco (Zn) foram maiores para o tomate e alface do sistema convencional.

No entanto, Stertz (2004) demonstrou que apesar do conteúdo de minerais variar em algumas hortaliças, as amostras de cenoura, açafrão e espinafre, convencionas e orgânicos, não difeririam em relação ao sistema de cultivo com relação aos minerais analisados (Ca, K, Fe, Mg, Cu, Zn, Na e P).

Araújo et al. (2014) determinaram o conteúdo de minerais em amostras de alface crespa do sistema de cultivo convencional e orgânico, obtendo maiores conteúdo de Cr, Cu, Fe, K, Mg e Na para o sistema de cultivo orgânico. No entanto, o conteúdo de Mn e Zn foi maior para a alface crespa convencional.

No estudo Sofo et al. (2016) as amostras de alface crespa do sistema de cultivo orgânico obtiveram maiores conteúdos de Mg, Na e Cu e menores conteúdos de Cu em relação as do cultivo convencional, bem como não diferiram, em relação ao sistema de cultivo, para os minerais K, Ca, P, Fe e Zn.

Porém, Konrdörfer et al. (2014) e Korndörfer; Maciel e Souza (2015) não obtiveram diferença significativa ($p < 0,05$), em relação ao sistema de cultivo convencional e orgânico, para os minerais K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn e Na para amostras de repolho verde

As diferenças nas concentrações de certos minerais que ocorrem entre sistemas de cultivo orgânico e convencional têm sido justificadas pela presença de níveis elevados de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em solos cultivados organicamente, promovendo associações simbióticas entre fungos e plantas (GOSLING et al., 2006).

FMA beneficia seu hospedeiro principalmente aumentando a absorção de íons fosfato relativamente imóveis e insolúveis no solo devido suas interações com cátions bi e trivalentes do solo, principalmente com Ca^{2+} , Fe^{3+} e Al^{3+} . Essa absorção de íons fosfatos é mediada pelo micélio extrarradical (fase externa do fungo) que cresce além da zona de depleção de fosfato, desenvolvendo-se rapidamente em torno da raiz, na qual os fungos recebem em troca o carbono (C) da planta

hospedeira, aumentando, assim, o volume de solo explorável para a absorção de nutrientes (GOSLING et al., 2006; ROUPHAEL et al., 2015).

Essas associações simbióticas entre fungos e plantas podem promover uma gama de benefícios para a planta hospedeira que incluem maior resistência às pragas, maior resistência à seca, tolerância aos metais pesados, bem como melhor nutrição da planta (KELLY e BATEMAN, 2010).

O sistema de cultivo orgânico pode ser menos prejudicial para os FMA, visto que esse sistema exclui o uso de fertilizantes solúveis em água que sugerem o aumento do inoculo de FMA nos solos, com maior colonização da cultura e, conseqüentemente, maior absorção de nutrientes pelas plantas. Entretanto, a relação entre a FMA, solo e nutrientes é complexa e, em muitos casos, o efeito em diferentes nutrientes é inconsistente (GOSLING et al., 2006; KELLY e BATEMAN, 2010).

Um estudo de revisão relatou que níveis totais de nitrogênio são mais elevados em culturas convencionais. Destacaram ainda que o fósforo e nitrogênio possuem papéis importantes em muitos aspectos do metabolismo da planta, na qual hipotetizam a existência de mudanças em várias vias metabólicas das plantas devido ao impacto do sistema de produção sobre o metaboloma, tendo, como consequência, alteração na captação de fosforo e nitrogênio pela planta (MIE et al., 2014).

Contudo, de acordo com Sousa et al. (2012), muitos fatores e variáveis devem ser considerados nos estudos para as comparações sobre valor nutritivo, tais como o tempo de produção orgânica; o restabelecimento da vida do solo; o tipo de sistema utilizado; a variabilidade dos fatores externos como a luz solar, temperatura, chuva; o armazenamento e o transporte, que influenciam diretamente o conteúdo de nutrientes nas plantas.

2.5 Compostos Bioativos

Segundo a Resolução RDC nº. 2, de 07 de janeiro de 2002, os compostos bioativos compreendem, além dos nutrientes, substâncias não nutrientes, que possuem ação metabólica ou fisiológica específica (BRASIL, 2002).

Os compostos bioativos presentes nos vegetais, como ácido ascórbico, carotenoides, flavonoides e compostos fenólicos, têm como função protegê-los do estresse oxidativo e suas capacidades de proteção são cada vez mais reconhecidas

contra as doenças crônicas não transmissíveis como aterosclerose, doenças coronárias e algumas neoplasias (BRECHT et al., 2010).

Esses compostos podem agir de diferentes formas, tanto no que se refere aos alvos fisiológicos quanto aos seus mecanismos de ação. A ação antioxidante, comum nesses compostos, deve-se ao potencial de óxido-redução de determinadas moléculas, à capacidade dessas moléculas em competir por sítios ativos e receptores nas estruturas celulares ou à modulação da expressão de genes que codificam proteínas envolvidas em mecanismos intracelulares de defesa contra processos oxidativos degenerativos de estruturas celulares (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009).

Segundo Yilmaz; Brandolini e Hidalgo (2015), a determinação dos compostos bioativos, bem como a sua capacidade antioxidante é considerada, muitas vezes, um grande desafio, devido à complexidade da matriz alimentar e as propriedades dos alimentos. Outro fato é que a determinação do composto isolado é muito difícil, em virtude da interação com outros componentes e do efeito sinérgico entre eles.

Nos sistemas de cultivo orgânicos, estudos têm demonstrado que esse tipo de sistema favorece o aumento dos teores dos compostos bioativos (HALLMANN e REMBIALKOWSKA, 2012; OLIVEIRA, 2010; WINTER e DAVIS, 2006), uma vez que, a não utilização dos fertilizantes químicos faz com que as plantas aumentem esses compostos como forma de mecanismo de defesa.

Segundo Winter e Davis (2006), as diferenças observadas nos sistemas de cultivo seriam devidas principalmente às diferenças de adubo orgânico e a utilização de pesticidas. Na teoria, o equilíbrio carbono-nitrogênio nos fertilizantes orgânicos não é tão poderoso para promover o crescimento e desenvolvimento das plantas como ocorre com a utilização de fertilizante mineral. Dessa forma, a planta busca outros recursos para a síntese de seus mecanismos de defesa que resultam nos ácidos orgânicos e polifenóis.

Hallmann e Rembalkowska (2012) afirmaram que em ambientes pobres em nitrogênio disponível, ou seja, em sistemas orgânicos, as plantas produzem, em primeiro lugar, compostos que não contêm nitrogênio, tais como os açúcares simples e complexos (glicose, frutose, amido e celulose) e metabólitos secundários (terpenoides, compostos fenólicos, certos pigmentos e vitaminas). No entanto, em ambientes ricos em nitrogênio facilmente disponível, ou seja, os sistemas

convencionais, o metabolismo das plantas é direcionado para a produção intensiva de compostos contendo nitrogênio, tais como aminoácidos livres, proteínas e alcaloides.

Winter e Davis (2006) afirmam que existem outras duas hipóteses principais que explicam os possíveis aumentos nos metabólitos secundários, dentre eles os compostos bioativos, em alimentos orgânicos quando comparados aos convencionais. A primeira hipótese seria que os fertilizantes sintéticos, utilizados na agricultura convencional, tornam o nitrogênio frequentemente mais disponível para as plantas, sendo os recursos vegetais destinados para o crescimento e desenvolvimento, resultando na diminuição na produção de metabólitos secundários.

A segunda hipótese considera as repostas das plantas aos estresses ambientais, uma vez que o manejo na agricultura orgânica possui o limitado uso de defensivos, favorecendo o estresse nas plantas, nas quais os recursos seriam destinados para a síntese de seus próprios mecanismos de defesa antioxidante, como por exemplo, o aumento no conteúdo de compostos fenólicos e flavonoides. Estes compostos têm fortes propriedades antioxidantes e podem proteger o corpo humano contra o ataque por radicais livres (HALLMANN e REMBIALKOWSKA, 2012; OLIVEIRA, 2010; WINTER e DAVIS, 2006).

Há um grande número de publicações sobre análise de compostos antioxidantes em alimentos. Entretanto, não há um consenso acerca dos métodos analíticos a serem adotados, uma vez que esses métodos dependem das características da matriz, do preparo da amostra e da disponibilidade das técnicas, sendo este um dos maiores desafios para sua aplicação (FERREIRA, 2015).

Nos vegetais podem ser encontrada uma vasta gama de compostos bioativos, com características distintas e em teores variados. Na matriz vegetal, estes compostos geralmente estão interagindo com carboidratos, proteínas e outros componentes. Alguns desses complexos formados são altamente insolúveis em água, entretanto, os extratos sempre contêm mistura de substâncias fenólicas de diferentes classes e polaridades que são solubilizadas no solvente escolhido (ANDREO e JORGE, 2006).

Os solventes mais utilizados para a extração destes compostos bioativos de amostras vegetais são os solventes orgânicos metanol, etanol, acetona e água. Estas soluções são tradicionalmente acidificadas a 1% de ácido clorídrico (HCl) para facilitar a retiradas destes compostos da matriz vegetal (FERREIRA, 2015).

Os resultados obtidos no estudo de Hallmann e Rembialkowska (2012), demonstraram que sistema de cultivo orgânico afetou o nível de compostos bioativos (compostos fenólicos e carotenoides) em pimentões cultivados na Polônia. Os referidos autores mencionaram que os pimentões orgânicos possuíam, significativamente, mais matéria seca, vitamina C, carotenoides totais, β -caroteno, α -caroteno, cis- β -caroteno, ácidos fenólicos totais (bem como ácido gálico e ácidos clorogénicos) e flavonoides (quercetina D-glicosídeo, quercetina e campferol), em comparação com os convencionais.

2.5.1 Compostos Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos ou polifenóis são originados no metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, formam-se em condições de estresse como infecções, ferimentos, radiações ultravioleta, entre outros (DAI e MUMPER, 2010), sendo biossintetizados a partir de duas principais vias metabólicas, a via do ácido chiquímico, que participa na maioria dos fenóis vegetais e a via do ácido malônico, que é menos significativa (Figura 01) (TIVERON, 2010).

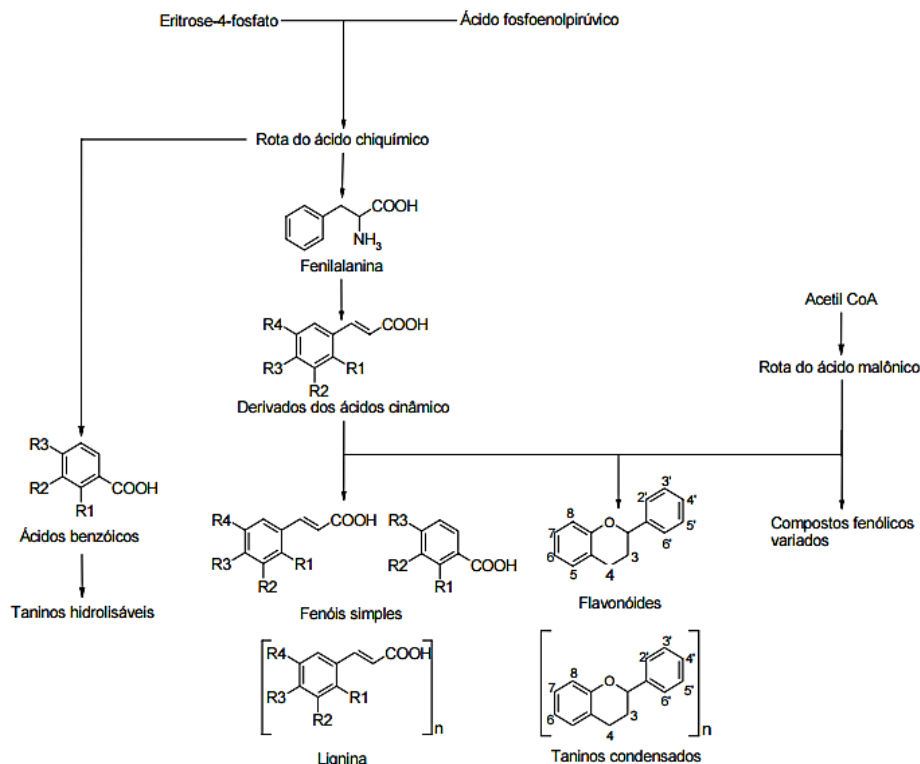


Figura 01 – Rotas do ácido chiquímico e ácido malônico para a produção dos compostos fenólicos.

Fonte: Pompeu (2007), adaptado de Rice-Evans; Miller e Paganga (1996) e Robards et al. (1999).

Quimicamente os compostos fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais e estão presentes nos vegetais nas formas livres ou conjugados (LEE et al., 2005).

Os compostos fenólicos se enquadram em diversas categorias, conforme o número de anéis aromáticos e os elementos estruturais que se ligam a esses anéis. Os principais grupos os ácidos fenólicos (ácidos benzoico, cinâmico e seus derivados), os flavonoides (antocianinas, flavonóis e seus derivados), os fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis (Tabela 02) (ANGELO e JORGE, 2007; IGNAT; VOLFF; POPA, 2011).

Esses compostos presentes nos vegetais apresentam uma ampla gama de atividades funcionais. Tradicionalmente, tais compostos são considerados importantes por exercerem influência sobre o sabor e a cor dos vegetais, contudo, existe um grande interesse em seus efeitos positivos à saúde, em sua atividade antioxidante e antimicrobiana (BRECHT et al., 2010).

Tabela 02. Classes e estrutura de alguns compostos fenólicos em plantas.

Classe	Estrutura
Fenólicos simples, benzoquinonas	C ₆
Ácidos hidroxibenzóicos	C ₆ -C ₁
Acetofenol, ácidos fenilacéticos	C ₆ -C ₂
Ácidos hidroxicinâmicos, fenilporpanoides	C ₆ -C ₃
Nafitoquinonas	C ₆ -C ₄
Xantonas	C ₆ -C ₁ -C ₆
Estilbenos, antoquinonas	C ₆ -C ₂ -C ₆
Flavonoides, isoflavonóides	C ₆ -C ₃ --C ₆
Lignananas, neolignananas	(C ₆ -C ₃) ₂
Biflavonóides	(C ₆ -C ₃ --C ₆) ₂
Ligninas	(C ₆ -C ₃) _n
Taninos condensados	(C ₆ -C ₃ --C ₆) _n

Fonte: Angelo e Jorge (2007).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos deve-se, sobretudo, às suas propriedades redutoras e a sua estrutura química que têm um papel importante na neutralização ou sequestro de radicais livres e na quelatação de metais de transição, atuando tanto na etapa de iniciação como no desenvolvimento do processo oxidativo (SOUSA et al., 2007). Uma vez que o corpo humano é incapaz de sintetizar esses compostos, torna-se imprescindível a ingestão regular de frutas e hortaliça que contenha esses compostos (LEONG e OEY, 2012).

Entre os métodos utilizados para a quantificação dos compostos fenólicos, um dos mais citados na literatura é o de redução do reagente de *Folin-Ciocalteu* (SWAIN e HILLS, 1959), onde este tem capacidade de reduzir fenóis formando um complexo azul intenso, cuja intensidade aumenta linearmente a 760 nm.

Estudos têm demonstrado diferenças no conteúdo de compostos fenólicos entre as hortaliças do sistema de cultivo orgânico e convencional. Sousa et al. (2005), ao avaliarem repolhos cultivados organicamente observaram um maior teor de fenólicos totais comparativamente aos cultivados convencionalmente. Os autores sugeriram que a interferência de minerais fertilizantes e/ou pesticidas, utilizados no sistema convencional, poderia explicar a menor quantidade de fenólicos totais nesse sistema de cultivo.

Souza (2012) demonstrou que a alface do tipo Americana proveniente do sistema de cultivo orgânico possui maior conteúdo de compostos fenólicos em relação as do cultivo convencional, obtendo teores de 1218 mg D-catequina/100 g e 520 mg D-catequina/100 g, respectivamente. O autor justifica essa diferença alegando que os maiores teores de compostos fenólicos totais em alface do sistema de cultivo orgânico podem ter sido influenciados pelos maiores teores de manganês no solo, uma vez que o manganês influencia a síntese de compostos cíclicos precursores de aminoácidos aromáticos, fenóis e ligninas.

Melo et al. (2006) analisaram a capacidade antioxidante e o teor de fenólicos de 14 hortaliças adquiridas em São Paulo - Brasil, dentre elas, as amostras de alface crespa e lisa que apresentaram teores de compostos fenólicos de 22,6 e 13,85 mg/100 g, respectivamente.

No estudo de Arbos et al. (2010b), os extratos das amostras de alface, rúcula e almeirão orgânicos apresentaram maior conteúdo de compostos fenólicos em relação as amostras convencionais, refletindo, assim, uma maior capacidade antioxidante dessas hortaliças orgânicas.

Salama et al. (2015) que determinaram o conteúdo de fenólicos totais em amostras de erva doce em respostas a utilização de adubo orgânico, observaram que houve um aumento no conteúdo desses compostos, a partir de 4,94 (controle) a 6,96 mg/g de peso seco, representando um aumento de cerca de 41% do conteúdo de compostos fenólicos.

2.5.2 Flavonoides Totais

Os flavonoides pertencem à classe dos compostos fenólicos que diferem entre si pela sua estrutura química e características particulares. Além disso, compõem uma ampla classe de substâncias de origem natural, cuja síntese não ocorre na espécie humana (NIJVELDT et al, 2001).

O termo flavonoide é um nome coletivo dado aos pigmentos de plantas derivados da benzo-g-pirona. Consistem de um esqueleto de difenil propano, consistindo em 15 átomos de carbono, organizados na configuração C6-C3-C6, com dois anéis benzênicos denominados anéis A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, denominado anel C (Figura 02) (ANGELO e JORGE, 2007).

Estes compostos estão presentes em todas as partes das plantas, desde as raízes, folhas e frutos. Podem ser encontrados na forma livre (aglicona) ou ligados com açúcares (glicosídeos). Conforme o estado de oxidação da cadeia heterocíclica do pirano eles são classificados como antocianidinas, flavonas, flavonóis, flavanonas, catequinas, dihidroflavonóis, chalconas e isoflavonas (TIVERON. 2010).

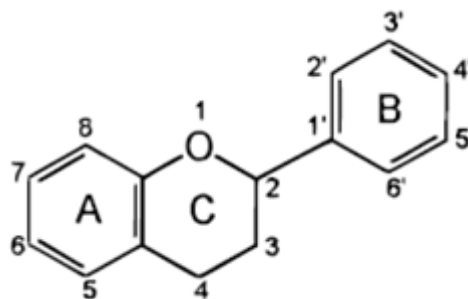


Figura 02 – Estrutura química dos flavonoides.

Fonte: Angelo e Jorge (2007), adaptado de Hollman e Katan (1999).

Segundo Machado et al. (2008), ensaios biológicos revelam que os flavonoides apresentam efeitos antimicrobiano, antiviral, antiulcerogênico, antioxidante, anti-hipertensivos, antiplaquetário, anti-inflamatório.

Os flavonoides são importantes para uma ampla gama de funções biológicas. A quercetina, um importante representante dos flavonoides, impede a oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL) pela eliminação de radicais livres (CARTEA et al., 2011).

Huber; Hoffmann-Ribani e Rodriguez-Amaya (2009) demonstraram que dentre os flavonoides analisados em hortaliças convencionais, a quercetina foi a que apresentou em maior quantidade com teores de 19,5 e 41,2 g/100 g para alface crespa e roxa, respectivamente.

Llorach et al. (2008) observaram que o conteúdo de flavonoides em 5 cultivares de alface variaram na faixa de 0,2 a 56 mg/g de peso seco, na qual o conteúdo de flavonoides totais variou dependendo do padrão de pigmentação da folha de alface de cada cultivar.

Salama et al. (2015) obtiveram conteúdo superior de flavonoides em duas cultivares de erva-doce do cultivo orgânico, destacando-se a cultivar Zefa fino que apresentou teores de 4,05 mg/g de peso seco, representando um aumento de 102% em seu conteúdo quando comparado ao controle (2,00 mg/g de peso seco).

2.5.3 Antocianinas

As antocianinas compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal, sendo estas as responsáveis pelos tons compreendidos desde a coloração vermelha até a coloração azul em muitas frutas, legumes e hortaliças (VALLS et al., 2009).

As antocianinas pertencem ao grupo dos flavonoides e são componentes de muitas frutas vermelhas e hortaliças escuras, apresentando grande concentração nas cascas de uvas escuras (VALLS et al., 2009). Sua molécula é constituída por duas ou três porções, uma aglicona (antocianidina), um grupo de açúcares e, frequentemente, um grupo de ácidos orgânicos (Figura 03).

As principais diferenças entre as diferentes antocianinas são o número de grupos hidroxilas na antocianidina, a natureza e o número de açúcares ligados na

sua estrutura, os anéis alifáticos ou aromáticos ligados ao açúcar na molécula e a posição destas ligações (KONG et al., 2003).

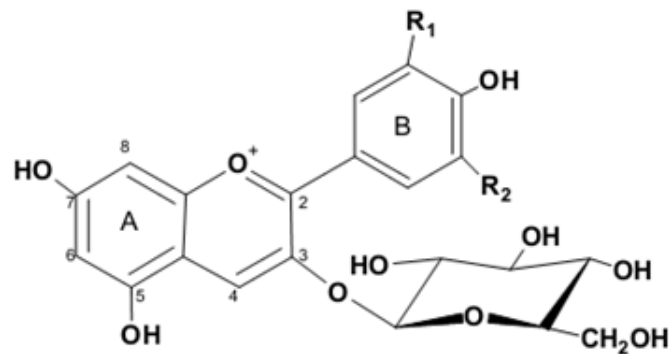


Figura 03 - Estrutura química das antocianinas.

Fonte: Malacrida e Motta (2006), adaptado de López et al. (2000).

De acordo Giusti e Wrolstad (2003), os principais fatores que influenciam a estabilidade das antocianinas são o pH, a temperatura, a luz, a presença de oxigênio, a degradação enzimática e as interações entre os componentes dos alimentos, tais como ácido ascórbico, íons metálicos e açúcares.

As antocianinas podem ser encontradas em diferentes formas químicas dependendo do pH da solução. Em solução de pH 1, o cátion flavilium (cor vermelha) é a espécie predominante e contribui para cores púrpura e vermelha. Já em soluções com valores de pH entre 3 e 4, as espécies predominantes são azuis quinoidal (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009).

Além de contribuir para a cor de flores e frutas, as antocianinas atuam como filtro das radiações ultravioletas nas folhas (MAZZA e MINIATI, 1993). Representam um significativo papel na prevenção ou retardam o aparecimento de várias doenças no organismo humano por suas propriedades antioxidantes (KUSKOSK et al., 2004).

As antocianinas são consideradas excelentes antioxidantes que eliminam os radicais livres e reduzem o estresse oxidativo com a doação de prótons a radicais altamente reativos, além de possuírem atividade antimicrobiana, antiviral, propriedades anti-inflamatórias, cardioprotetora, anticancerígenas, antineurodegenerativas e propriedades de prevenção contra diabetes (BURGOS et al., 2013; NORBERTO et al., 2013).

Lopes et al. (2007) descreveram que as antocianinas são um potente antioxidante comparado com antioxidantes clássicos como butilato hidroxil anisol

(BHA), butilato hidroxil tolueno (BHT) e alfa tocoferol (vitamina E) e quando adicionado a alimentos, propicia a prevenção contra auto-oxidação e peroxidação de lipídeos em sistemas biológicos.

Entre os alimentos, além de frutos, os vegetais coloridos são uma rica fonte de antocianinas. Estes compostos são encontrados em rabanete, cenoura negra, batata-doce roxa, berinjela, feijão vermelho, couve-flor violeta, alface roxa, cebola roxa, e repolho roxo (WU et al., 2006).

Estudos anteriores demonstraram que as antocianinas são os principais fitoquímicos encontrados no repolho roxo, apresentando teores de 322 mg/100 g (MANCHALIA; MURTHYB; PATIL et al., 2012; PODSEDEK, 2007). O teor de antocianinas em repolho roxo é alto em comparação com outras fontes de alimento (WU et al., 2006), difere significativamente entre as variedades, e é influenciado por período de vegetação (WICZKOWSKI; TOPOLSKA; HONKE, 2014).

Podsedeck et al. (2006), em seu estudo, obtiveram conteúdo de antocianinas de 76,16 mg/100 g para cultivar Kissendrup e 40,53 mg/100 g para a cultivar Koda de amostra de repolho roxo.

Wiczowski; Topolska e Honke (2014) demonstraram o perfil de antocianinas presente no tecido vegetal de cinco variedades de repolho roxo, no qual as amostras possuíam vinte diferentes antocianinas com a estrutura principal da cianidina 3-5-diglicosídeo.

Os referidos autores demonstraram que o conteúdo médio de antocianinas do repolho roxo em 2009 foi mais de duas vezes maior do que o observado nas mesmas variedades cultivadas em 2008, demonstrando que o período de cultivo, as condições de tempo e/ou o ataque de insetos, doenças durante o período de crescimento das hortaliças poderiam ter efeito sobre as concentrações de antocianinas.

2.5.4 Taninos Condensados

Os taninos são compostos fenólicos que apresentam peso molecular compreendido entre 500 e 3000 Dalton, possuindo a habilidade de formar complexos insolúveis em água com proteínas, gelatinas e alcaloides (MELLO e SANTOS, 2001).

Os taninos são classificados em dois grupos: hidrolisáveis e condensados. Os taninos hidrolisáveis por hidrólise ácida liberam ácidos fenólicos: gálico, caféico, elágico e um açúcar. Os taninos não hidrolisáveis ou condensados (Figura 04) consistem de oligômeros dos “flavan-3-ols” (catequinas) ou “flavan-3,4-dióis” (leucoantocianidinas) e resíduos de flavonoides que produzem tipicamente antocianidinas (cianidina e pelargonidina) na degradação ácida (SGARBIERI, 1996).

Por serem fenólicos, os taninos são muito reativos quimicamente, formam pontes de hidrogênio, intra e intermoleculares (MONTEIRO et al., 2005). Estes compostos são facilmente oxidáveis, tanto por meio de enzimas vegetais específicas quanto por influência de metais, como cloreto férrico, o que ocasiona o escurecimento de suas soluções (MELLO e SANTOS, 2001).

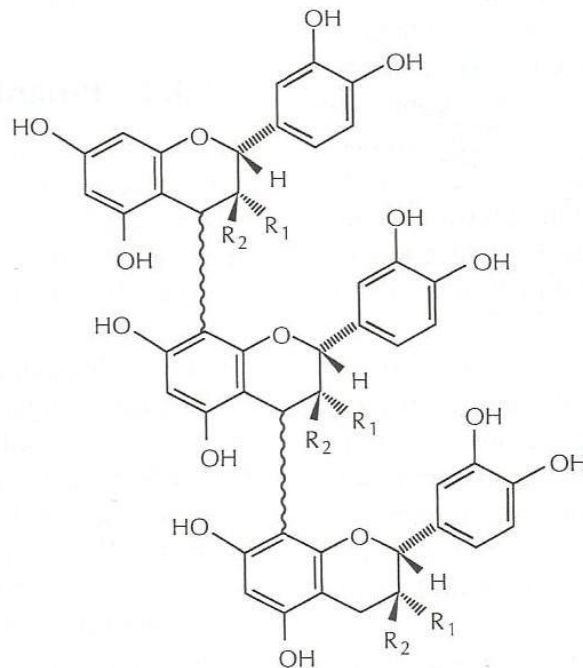


Figura 04 - Estrutura dos taninos condensados.

Fonte: De Bruyne et al. (1999).

O conteúdo de taninos nas plantas pode variar de acordo com as condições climáticas e geográficas, maturação, dentre outros, e podem apresentar uma composição química variada, sendo muitas vezes, pouco conhecida (BENEVIDES et al., 2011).

Para quantificar taninos condensados os métodos mais utilizados são o butanol-HCl e o vanilina. O método vanilina depende da reação da vanilina com os taninos condensados para formação de complexos coloridos. O sucesso deste

ensaio depende do tipo do solvente usado, da concentração e natureza do ácido, do tempo da reação, temperatura e concentração da vanilina (MONTEIRO; ALBUQUERQUE; ARAÚJO, 2005).

Os taninos condensados demonstraram ser potentes antioxidantes, demonstrando seu potencial efeito benéfico sobre a saúde cardiovascular, bem como a redução do risco de hipertensão, inflamação, proliferação celular, hiperglicemia e hipercolesterolemia (KRUGER et al., 2014; PASCUAL-TERESA; MORENO; GARCIA-VIGUERA, 2010).

Šamec et al. (2014) obtiveram conteúdo de taninos condensados em genótipos de repolho verde na faixa de 83 a 124 mg/100 g, demonstrando que essa hortaliça apresenta baixo conteúdo do referido composto.

2.6 Antioxidantes

Os antioxidantes são moléculas naturais, que previnem a formação excessiva de radicais livres e espécies reativas de oxigênio (EROs) ou que inibem a sua reação com as estruturas biológicas, interrompendo a reação em cadeia e formando radicais com baixa reatividade, sendo neutralizados por ação de outro radical, formando produtos estáveis ou que podem ser reciclados por outro antioxidante (VALKO et al., 2004).

Os antioxidantes podem ser divididos em duas classes: os com atividade enzimática e os sem essa atividade. Na primeira, estão os compostos capazes de bloquear o início da oxidação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio, destacando-se a superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase. Na segunda classe, estão moléculas que interagem com as espécies radicalares e são consumidas durante a reação. Nesta classificação, incluem-se os antioxidantes naturais, como os compostos fenólicos, vitamina C e E, e sintéticos (ANGELO e JORGE, 2007).

Vários estudos epidemiológicos indicaram que a alta ingestão de produtos vegetais está associada com uma redução no risco de uma variedade de doenças crônicas como aterosclerose e câncer. Estes efeitos têm sido particularmente atribuídos aos compostos que possuem atividade antioxidante. Os principais antioxidantes nos vegetais são as vitaminas C e E, os carotenoides e os compostos fenólicos, especialmente os flavonoides (OLIVEIRA, 2012; PODSEDEK, 2007).

O consumo de compostos fenólicos é de grande importância para o organismo humano, por serem capazes de neutralizar os radicais livres. Esses radicais livres podem ser produzidos de maneira exacerbada devido a fatores endógenos como o próprio metabolismo celular e, principalmente, devido à exposição a fatores exógenos como poluição, tabagismo, alcoolismo e radiação (BARBOSA et al., 2010).

A eficácia da atividade antioxidante dos compostos fenólicos em vegetais depende da estrutura química, concentração no alimento, região geográfica, clima e condições de armazenamento e processamento do alimento (DENG et al., 2013). Contudo, o teor desses compostos em hortaliças é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais, sistema de produção, além do grau de maturação e variedade da planta, entre outros (MÉLO et al., 2006).

2.6.1 Método do radical 2,2-Difenil-1-picrilidrazil – DPPH

A atividade antioxidante descreve a capacidade de moléculas presentes em alimentos e nos sistemas biológicos capazes de eliminar os radicais livres, considerando os efeitos aditivos e sinérgicos de todos os antioxidantes, em vez do efeito dos compostos individuais (BURGOS et al., 2013).

Existem vários ensaios para avaliar a atividade antioxidante dos compostos fenólicos devido a sua grande diversidade química. Dentre eles, destaca o ensaio do DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil), no qual o radical DPPH reage com o antioxidante convertendo-o na forma reduzida chamada de hidrazina (1,1-difenil-2-picrilidrazina) (ALVES et al., 2010). Nesta reação, a solução metanólica de DPPH, inicialmente de coloração violeta, torna-se amarela e o grau de descolorimento indica a habilidade do antioxidante em sequestrar o radical livre (Figura 05) (MÉLO et al., 2006; ROESLER et al., 2007).

A atividade antioxidante em alimentos é afetada por diferentes fatores, incluindo a variedade e ambiente de produção. Além disso, os métodos de análise utilizados para determinar a atividade antioxidante em alimentos podem influenciar a quantidade final dos antioxidantes, bem como os solventes utilizados na extração desses compostos, repercutindo na determinação da atividade antioxidante (BURGOS et al., 2013).

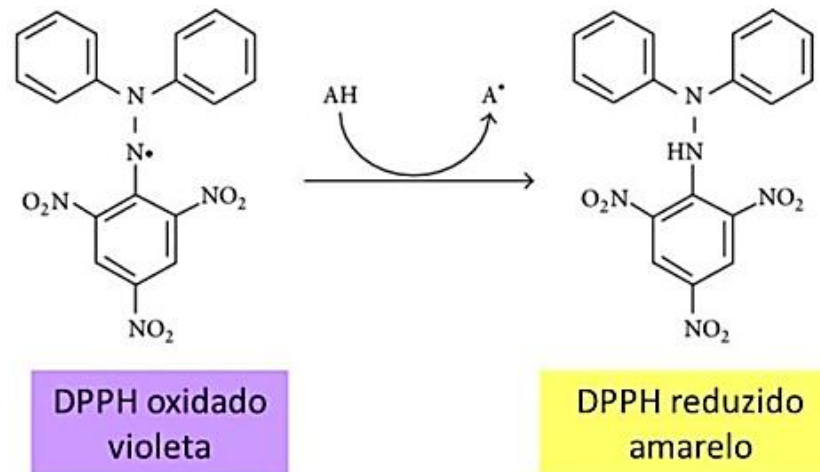


Figura 05 - Reação de estabilização do radical DPPH com um antioxidante.

Fonte: Ferreira (2015), adaptado de Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995)

Pellegrini et al. (2007) verificaram a atividade antioxidante em duas hortaliças (cebola e espinafre) e duas frutas comumente consumidas (laranja e do tomate) utilizando três solventes, demonstrando que os compostos presentes nos extratos de água e acetona foram os principais contribuintes para a atividade antioxidante final, quando comparado aos extratos de clorofórmio devido à baixos conteúdos de carotenoides.

Podsdek et al. (2006) determinaram a atividade antioxidante pelo método captura de radicais DPPH em amostras convencionais de repolho branco e roxo, couve-lombarda e couve de bruxelas, na qual a amostra de repolho roxo foi que a obteve a maior atividade antioxidante (9,19 μ moles de vitamina C/g de peso fresco) por apresentar uma quantidade significativa de compostos bioativos, dentre eles, os compostos fenólicos (171 mg/g de peso fresco).

Sofo et al. (2016) verificaram que a alface crespa convencional obteve uma maior atividade antioxidante, pelo método de captura de radicais DPPH, quando comparado ao do sistema de cultivo orgânico, demonstrando, assim, que na literatura não há um consenso acerca da influência do sistema de cultivo sobre as características nutritivas e funcionais das hortaliças.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

- Avaliar o conteúdo de compostos fenólicos, atividade antioxidante e minerais em hortaliças cultivadas nos sistemas convencional e orgânico.

3.2 Específicos

- Determinar a composição centesimal e Valor Energético Total de algumas hortaliças convencionais e orgânicas.
- Analisar os teores de compostos fenólicos totais, flavonoides, taninos, antocianinas e atividade antioxidante das hortaliças em estudo.
- Verificar o conteúdo de minerais das hortaliças obtidas nos dois sistemas de cultivo.
- Correlacionar a atividade antioxidante das hortaliças produzidas por diferentes tipos de cultivo.

4 METODOLOGIA

4.1 Obtenção das amostras

As amostras de hortaliças convencionais foram adquiridas no comércio varejista de Teresina-PI e as hortaliças orgânicas foram adquiridos em comércio varejista especializado na venda de alimentos orgânicos, localizado também na referida cidade, no qual o principal critério para a aquisição das hortaliças orgânicas foi a presença do selo de identificação do SISORG (Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica).

As hortaliças orgânicas adquiridas foram oriundas do município de São Benedito-CE e as hortaliças convencionas, do município de Tianguá-CE. As amostras foram obtidas de 2 lotes de cada hortaliça, adquiridas em janeiro e em agosto de 2016, em estágio de maturação classificado como maduro de acordo com a coloração da folha. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.2 Matérias-primas

As hortaliças analisadas foram: alface crespa (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*.), alface americana (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*), alface roxa (*Lactuca sativa* L. var. *pira roxa*), repolho verde (*Brassica oleraceae* var. *capitata*) e repolho roxo (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) (Figuras 6 a 10).



Figura 06 - Alface Crespa Convencional (A) e Orgânica (B).

Fonte: Arquivo Pessoal.



Figura 07 - Alface Americana Convencional (A) e Orgânica (B).

Fonte: Arquivo Pessoal.



A



B

Figura 08 - Alface Roxa Convencional (A) e Orgânica (B).
Fonte: Arquivo Pessoal.



A



B

Figura 09 - Repolho Verde Convencional (A) e Orgânico (B).
Fonte: Arquivo Pessoal.



A



B

Figura 10 - Repolho Roxo Convencional (A) e Orgânico (B).
Fonte: Arquivo Pessoal.

4.3 Local e período de estudo

As análises de composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos (LABROMBIOQ) do Departamento de Nutrição (DN) do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Os teores de minerais foram determinados no Centro de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL-SP). A pesquisa foi desenvolvida no período de janeiro a novembro de 2016.

4.4 Preparo das amostras

As hortaliças foram lavadas em água corrente para a remoção das sujidades e em seguida sanitizadas em solução clorada (hipoclorito de sódio à 2%) à 200 ppm por 15 minutos. Em seguida, foram enxaguadas com água destilada. Posteriormente, as amostras foram trituradas e homogeneizadas, com auxílio de um processador doméstico, para então ser feito o processo de quarteamento. As amostras foram armazenadas em sacos de polietileno e mantidas no Laboratório em temperatura de refrigeração (8°C) até o momento das análises.

Para as análises da composição centesimal, utilizou-se as amostras em *in natura*. Já para as análises de compostos bioativos, as amostras foram secas em um estufa ventilada a 50 °C por 6 horas. Após a secagem, os resíduos foram triturados em um moinho rotor (TECNAL, modelo TE-651/2), ficando na forma de pó.

4.5 Composição centesimal

4.5.1 Umidade

A determinação de umidade foi realizada por meio do método de secagem em estufa com temperatura de 105 °C (AOAC, 2005). Foram pesados 5-10 g da amostra triturada e homogeneizada, em triplicata, em cápsula de porcelana previamente tarada. Foi colocada a cápsula com a amostra em estufa a 105 °C por 24 horas, em seguida foi colocado em dessecador por 30 minutos e, posteriormente, foi feita a pesagem. O teor de umidade (%) foi obtido pela fórmula:

Teor de umidade = $100 \times N/P$, na qual:

N = n° de gramas de umidade

P = n° de gramas de amostra.

4.5.2 Cinzas

As cinzas foram determinadas por incineração em forno mufla à temperatura de 550 °C, sendo os resultados obtidos em porcentagem (AOAC, 2005). Amostras de 3 g foram pesadas, em triplicata, em cadinho previamente tarado. As amostras foram carbonizadas em forno mufla a 250 °C por 4 horas, posteriormente foram incineradas por 12 horas a 550 °C. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador, para esfriar, por 40 minutos e em seguida foram pesados. O teor de cinzas (%) foi obtido pela fórmula:

Teor de cinzas = $100 \times N/P$, em que:

N = n° de gramas de cinzas.

P = n° de gramas de amostra.

4.5.3 Lipídios

Os lipídios (correspondente à fração extrato etéreo) foram obtidos em extrator intermitente de *Soxhlet*, utilizando-se o solvente éter de petróleo PA (AOAC, 2005). Para extração, 2 g das amostras secas e trituradas, obtidas da análise de umidade, foram colocados em cartuchos, em triplicata, a estes foram adicionados 200 mL de éter de petróleo e mantidos em extração contínua por seis horas a 50 °C. Após o término da extração, os tubos com o resíduo foram transferidos para a estufa a 105 °C, durante uma hora. Ao final, este foi resfriado em dessecador, pesado e o peso do resíduo foi utilizado para determinar o teor de lipídios (%) pela fórmula:

Teor de lipídios = $100 \times N/P$, na qual:

N = n° de gramas de lipídios.

P = n° de gramas de amostra.

4.5.4 Proteínas

A determinação de proteínas foi realizada pelo método de macro *Kjeldahl*, o qual se baseia na destruição da matéria orgânica (digestão) seguida de destilação, sendo o nitrogênio dosado por titulação. O fator 5,75 foi utilizado para converter o teor de nitrogênio total em proteínas das amostras vegetais (AOAC, 2005).

Para a etapa da digestão, foi realizada a pesagem de 0,5 mg de amostra em papel manteiga, sendo este conjunto colocado em tubo digestor juntamente com 7 mL de ácido sulfúrico concentrado e mistura catalítica. A digestão foi realizada a 350-400 °C durante, em média, 4 horas. Em seguida, as amostras foram destiladas e tituladas para determinação do nitrogênio e posterior cálculo do conteúdo de proteínas, utilizando a fórmula a seguir (AOAC, 2005):

1- Porcentual de nitrogênio (%N)

$$\%N = \frac{(mLNaOH_{\text{Branco}} - mLNaOH_{\text{Amostra}}) \times 0,01N \times 14,007 \times 100 \times F_{NaOH}}{g \text{ da amostra} \times 1000}$$

2- Porcentual de proteínas (%P)

$$\%P = \%N \times f \text{ (fator de conversão)}$$

$mLNaOH_{\text{Branco}}$ = Volume gasto de hidróxido de sódio na titulação do branco.

$mLNaOH_{\text{Branco}}$ = Volume gasto de hidróxido de sódio na titulação das amostras.

F.NaOH = Fator de correção do hidróxido de sódio

f = Fator de conversão de nitrogênio.

4.5.5 Carboidratos

O teor de carboidratos foi determinado por diferença dos demais constituintes da composição centesimal (umidade, cinzas, lipídeos e proteínas), segundo AOAC (2005).

4.5.6 Valor Energético Total

O valor energético total das amostras foi estimado conforme os fatores de conversão de Atwater que se baseia nos teores de macronutrientes (proteínas, lipídios e carboidratos) dos alimentos nas quais as quantidades em gramas destes macronutrientes, devem ser multiplicadas, respectivamente, pelos fatores 4, 9 e 4 (em kcal/g), para a obtenção do valor energético total (WATT; MERRILL, 1963).

4.6 Compostos bioativos

4.6.1 Elaboração dos extratos

Inicialmente, foram preparados os extratos das amostras das hortaliças de sistemas de cultivo convencional e orgânico, segundo metodologia de Rufino et al. (2010). O solvente utilizado para extração dos compostos antioxidantes foi acetona 80%. Cerca de 1 grama das amostras, previamente secas, foram pesadas em tubos para centrífuga (50 mL). Os compostos bioativos foram extraídos com 8 mL de acetona 80% por 1 hora em ultrassom, à temperatura ambiente. Posteriormente, os tubos foram centrifugados a 4000 rpm (2415 G) durante 15 minutos e o sobrenadante recolhido em um balão volumétrico (10 mL) e completou o volume para 10 mL com água deionizada (Figura 11).

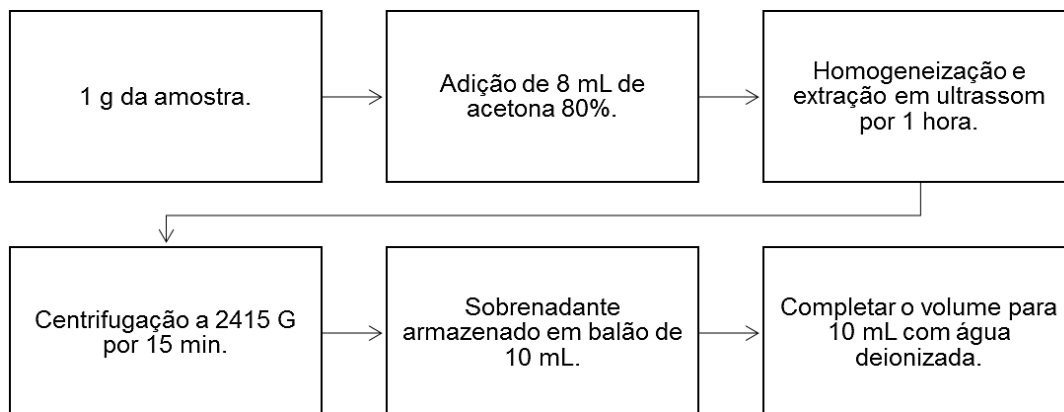


Figura 11 - Fluxograma da preparação do extrato acetona 80% das amostras.

4.6.2 Compostos Fenólicos Totais

O conteúdo de compostos fenólicos nos extratos foi determinado por espectrofotometria utilizando o reagente *Folin-Ciocalteu* (SINGLETON; ROSSI, 1965). Em um balão volumétrico de 10 mL, adicionou-se 2 mL de água deionizada, seguido de 100 μ L do extrato da amostra (no branco utilizou-se o solvente do extrato). Posteriormente, adicionaram-se 0,5 mL do reativo *Folin-Ciocalteu* puro, agitando com vigor para homogeneização da mistura. Depois de 30 segundos e antes de 8 minutos, 1,5 mL de carbonato de sódio a 20% m/v foi incorporado ao balão. Completou-se o volume do balão volumétrico (10 mL) com água deionizada. A mistura foi mantida em repouso ao abrigo da luz por 2 horas a 24 °C. Após esse tempo, mediu-se a absorbância no comprimento de onda 765 nm em espectrofotômetro UV-VIS (BEL 1102, Monza, Milão, Itália).

A quantificação dos fenólicos foi feita pela interpolação das absorbâncias em uma curva padrão de ácido gálico construída previamente (Apêndice 1) e os valores expressos em mg de equivalente ácido gálico por 100 g de peso fresco (mg GAE/100 g).

4.6.3 Flavonoides Totais

Para a determinação de flavonoides totais foi utilizado o método descrito por Kim, Jeong e Lee (2003) e modificado por Blasa et al. (2006). Em um tubo de ensaio, foi adicionado 1 mL do extrato, no caso dos brancos substituiu-se o extrato pelo solvente utilizado na obtenção do mesmo. Em seguida, acrescentaram-se 300

μL de nitrito de sódio (NaNO_2) 5% m/v. Passados 5 minutos, adicionou-se 300 μL de cloreto de alumínio (AlCl_3) 10% m/v. Após decorridos mais 6 minutos, foram pipetados 2 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1 M. Posteriormente, o espectrofotômetro foi zerado com água destilada e a absorbância das amostras mensuradas no comprimento de onda 425 nm (BEL 1102, Monza, Milão, Itália).

Diferentes concentrações de quercetina foram utilizadas para a construção de uma curva padrão (Apêndice 2) e os resultados foram expressos em miligramas equivalente a quercetina (mg EQ)/100 g de amostra.

4.6.4 Antocianinas totais

A determinação do conteúdo de antocianinas totais foi realizada aplicando-se o método de diferença de pH segundo Giusti e Wrolstad (2001). Primeiramente, pesou-se 1 g da amostra e diluiu-se com 10 mL de metanol HCl 1,5 N. Colocou-se em ultrassom por 30 minutos a temperatura ambiente e armazenou-se sob refrigeração por 12 horas. Posteriormente, a mistura foi centrifugada (2415 G) por 15 minutos e filtrada para a obtenção do extrato. O comprimento de onda de absorção máxima foi determinado pela varredura no intervalo de 480-520 nm pela leitura no espectrofotômetro UV-VIS (BEL 1102, Monza, Milão, Itália).

Em seguida, adicionaram-se 550 μL do extrato em tubo de ensaio contendo 5 mL de solução de cloreto de potássio (pH 1,0) e em tubo de ensaio contendo 5 mL de acetato de sódio (pH 4,5). Homogeneizou-se bem e as misturas foram armazenadas por 10 minutos em ausência de luz.

Mediu-se a absorbância em espectrofotômetro UV-VIS (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) no comprimento de onda máximo de cada extrato e em 700 nm, nas soluções tampão de cloreto de potássio e acetato de sódio.

A absorbância foi calculada a partir da seguinte equação:

$$A = (A_{\text{máx.vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1,0} - (A_{\text{máx.vis}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4,5}$$

A concentração de pigmentos monoméricos foi calculada e expressa em cianidina-3-glicosídeo (PM: 449,2 e ϵ : 26,900). Antocianinas monoméricos (mg.100 g) = $(A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 100) / (\epsilon \times 1)$. A = Absorbância; PM = peso molecular; FD =

Fator de diluição; ϵ = absorvividade molar. Os resultados foram expressos como concentração de pigmentos monoméricos (mg/100 g) e expressos em equivalente a cianidina-3-glucosídeo (ϵ 26900).

4.6.5 Taninos condensados (Proantocianidinas)

A determinação do teor de taninos condensados foi baseada no método da vanilina, segundo Price; Scoyoc e Butler (1978). Inicialmente foi preparado o reagente vanilina por meio da adição de 0,5 gramas do reagente em 200 mL de solução metanol-HCl a 4% (v/v). No procedimento, 1 mL do extrato da amostra foi adicionado em 5 mL do reagente vanilina, aguardando-se a reação por 20 minutos na ausência de luz e em temperatura ambiente. Similarmente, o branco foi preparado com a adição de 1 mL do solvente utilizados para elaboração do extrato em 5 mL do reagente vanilina.

As leituras das absorvâncias do branco e das amostras foram realizadas em espectrofotômetro UV-VIS (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) a 500 nm. Utilizou-se a catequina como padrão (Apêndice 3) e os resultados foram expressos como miligrama de equivalente de catequina/100g amostra.

4.7 Determinação da Atividade Antioxidante

4.7.1 Método espectrofotométrico com o reagente DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)

A atividade antioxidante foi determinada pelo método espectrofotométrico de captura dos radicais DPPH desenvolvido por Brand-Williams; Cuvelier e Berset, (1995). Primeiramente, 0,0394 g do DPPH foram dissolvidos em 10 mL de metanol puro para uma concentração de 0,1 mM. Essa solução foi dissolvida em 1:100 com metanol 80% (v/v), ajustando a absorvância inicial para 0,800 em espectrofotômetro UV-VIS (BEL 1102, Monza, Milão, Itália) no comprimento de onda de 515 nm.

Em tubos de ensaio, adicionaram-se 100 μ L do extrato a 2,9 mL desta solução que foi homogeneizado e mantido a mistura em local escuro, à temperatura ambiente, por 30 minutos. As medidas das absorvâncias foram efetuadas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 515 nm, do radical, antes de adicionar a amostra (A_0) e depois de adicionar amostra, com 30 minutos de reação

(A₃₀). Um teste branco (B) com 2,9 mL DPPH e 100 µL do solvente foi conduzido paralelamente.

O poder de sequestro de radicais pela amostra foi calculado pela fórmula:

$$\% \text{ Inibição} = [1 - (A_{30} - B)/A_0] \times 100.$$

Uma curva padrão com Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) foi construída em diferentes concentrações como referência (Apêndice 4). Os resultados foram expressos em µmol TEAC (Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox) por 100 g⁻¹ de amostra.

4.8 Teores de Minerais

4.8.1 Digestão das amostras

Para a determinação dos elementos minerais cálcio, cobre, ferro, potássio, magnésio, manganês, sódio, fósforo e zinco nas amostras de hortaliças do sistema de cultivo convencional e orgânico, utilizou-se o método de preparo de amostras empregando a digestão por via seca, segundo Horwitz e Latimer (2005).

Foram pesados, em cápsulas de porcelana, 2 g das amostras homogeneizadas. Em seguida, as amostras foram pré-calcinadas em chapa de aquecimento e incineradas em forno mufla a 450 °C até formação de cinzas isentas de pontos pretos. As cinzas foram transferidas quantitativamente para balão volumétrico de 25 mL, após solubilização em solução de ácido clorídrico 5% (v/v) e, em seguida, filtradas em papel de filtro quantitativo. Antes da leitura dos elementos minerais no espectrômetro de emissão com fonte de plasma com acoplamento indutivo (ICP OES), as amostras foram diluídas 10 vezes em solução de ácido clorídrico 5% (v/v). As análises foram realizadas em triplicata e prepararam-se brancos analíticos omitindo-se a amostra.

4.8.2 Instrumentação

A quantificação dos elementos minerais foi realizada usando um espectrômetro de emissão com fonte de plasma com acoplamento indutivo (ICP OES), da marca Agilent, modelo 5100 VDV ICP OES (Agilent Technologies, Tóquio, Japão), equipado com uma fonte de rádio-frequência (RF) de estado sólido de 27 MHz, composto por um detector óptico sequencial, uma bomba peristáltica, uma câmara de nebulização ciclônica de duplo passo e um nebulizador seaspray. O sistema utilizou como gás de plasma o argônio líquido com pureza mínima de 99,996% (Air Liquide, Brasil). Foram usadas as visões axial e radial do ICP OES. As condições operacionais otimizadas do equipamento ICP OES são descritas na Tabela 02.

Tabela 03. Condições otimizadas de operação do equipamento ICP OES usadas para a determinação dos elementos minerais em amostras de vegetais.

Parâmetro	Condições Experimentais
Potência de RF (W)	1200
Velocidade bomba (rpm)	12
Vazão de nebulização (L min ⁻¹)	0,70
Fluxo de argônio auxiliar (L min ⁻¹)	1,0
Fluxo de argônio principal (L min ⁻¹)	12
Tempo de leitura (s)	7
Tempo de estabilização (s)	15
Número de replicatas	3
Comprimentos de onda (nm)	Ca (317,933); Cu (324,754); Fe (259,940); Na (589,592); P (213,618); Mg (279,953); Mn (257,610); K (766,491) e Zn (206,200)

Fonte: Dados da Pesquisa.

4.8.3 Curvas Analíticas

A partir de soluções-padrão na concentração de 10.000 mg/L para Na, K, P, Mg e Ca e de 1000 mg/L para Cu, Fe, Mn e Zn (Merck, Darmstadt, Alemanha), foram preparadas as curvas analíticas em solução de HCl 5% (v/v). As faixas de concentração para a preparação das curvas analíticas foram: 0,0025 a 1,000 mg/L para Cu, Fe, Mn e Zn; de 0,41 a 410 mg/L para Na e Ca; de 0,61 a 610 mg/L para K e P e de 0,145 a 145 mg/L para Mg.

4.9 Análise estatística

Para análise estatística dos dados, elaborou-se um banco de dados no Programa *Statistical Package for the Social Sciences* - SPSS, versão 17.0. Os resultados foram apresentados com as médias e desvios padrão. Para verificar diferença entre as médias do tipo de cultivo e as hortaliças, utilizou-se o teste *t* de *Student*. Aplicou-se o coeficiente de correlação de *Pearson* entre compostos bioativos e atividade antioxidante, para verificar a existência de correlação. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$) (ANDRADE, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição centesimal e VET

Os resultados da composição centesimal e valor energético total (VET) das hortaliças dos sistemas de cultivo convencional e orgânico estão apresentados na Tabela 04.

Tabela 04. Composição centesimal e valor energético total (VET) das hortaliças dos sistemas de cultivo convencional e orgânico.

Nutrientes (% e Kcal)	Hortaliças	Sistema de Cultivo	
		Convencional Média ± DP	Orgânica Média ± DP
Umidade	Alface Crespa	96,03 ± 0,12 ^a	95,76 ± 0,67 ^a
	Alface Americana	96,54 ± 0,02 ^a	96,65 ± 0,02 ^a
	Alface Roxa	96,30 ± 0,04 ^a	96,28 ± 0,02 ^a
	Repolho Verde	93,52 ± 0,04 ^a	93,69 ± 0,04 ^a
	Repolho Roxo	92,43 ± 0,01 ^a	91,98 ± 0,02 ^a
Cinzas	Alface Crespa	0,80 ± 0,01 ^a	0,91 ± 0,01 ^b
	Alface Americana	0,60 ± 0,01 ^a	0,36 ± 0,01 ^b
	Alface Roxa	0,91 ± 0,02 ^a	1,01 ± 0,02 ^b
	Repolho Verde	0,46 ± 0,00 ^a	0,57 ± 0,00 ^b
	Repolho Roxo	0,70 ± 0,01 ^a	0,67 ± 0,01 ^a
Proteínas	Alface Crespa	0,80 ± 0,00 ^a	0,77 ± 0,00 ^a
	Alface Americana	0,50 ± 0,00 ^a	1,30 ± 0,00 ^b
	Alface Roxa	0,63 ± 0,00 ^a	0,65 ± 0,01 ^a
	Repolho Verde	0,25 ± 0,01 ^a	0,23 ± 0,00 ^a
	Repolho Roxo	0,12 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,01 ^a
Lipídios	Alface Crespa	0,42 ± 0,14 ^a	0,33 ± 0,03 ^b
	Alface Americana	0,34 ± 0,03 ^a	0,27 ± 0,01 ^b
	Alface Roxa	0,55 ± 0,04 ^a	0,25 ± 0,03 ^b
	Repolho Verde	0,41 ± 0,14 ^a	0,38 ± 0,03 ^a
	Repolho Roxo	0,43 ± 0,02 ^a	0,32 ± 0,02 ^b
Carboidratos	Alface Crespa	1,95 ± 0,09 ^a	2,23 ± 0,06 ^b
	Alface Americana	2,02 ± 0,02 ^a	1,42 ± 0,03 ^b
	Alface Roxa	1,61 ± 0,05 ^a	1,81 ± 0,04 ^b
	Repolho Verde	5,34 ± 0,06 ^a	5,13 ± 0,05 ^b
	Repolho Roxo	6,30 ± 0,01 ^a	6,89 ± 0,02 ^b
Valor Energético Total	Alface Crespa	14,78	14,97
	Alface Americana	13,14	13,31
	Alface Roxa	13,91	12,09
	Repolho Verde	26,05	24,86
	Repolho Roxo	33,87	30,92

Nota: Os dados estão apresentados como média de três repetições ± desvio-padrão (DP). Letras sobrescritas diferentes entre o cultivo (convencional e orgânico) e os tipos de alface (crespa, americana e roxa) e repolho (verde e roxo) das colunas, na mesma linha, apresenta diferença significativa entre as médias ao nível $p < 0,05$, segundo o teste *t Student*.

Fonte. Dados da pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Com relação ao teor de umidade das hortaliças analisadas, observou-se que as mesmas apresentaram teores que variam de 91,98 a 96,65 g/100 g não apresentando diferença estatística ($p < 0,05$) entre os sistemas de cultivos. Os resultados do presente estudo estão de acordo com os resultados demonstrados na Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011) que variaram de 95,7 a 97,2 g/100 g e 90,1 a 94,7 g/100 g para os diferentes tipos de alface e repolho, respectivamente.

Araújo (2012) obteve diferença significativa ($p < 0,05$) para o conteúdo de umidade para alface em relação ao sistema de cultivo convencional (93,84 g/100 g) e orgânico (93,62 g/100 g), resultados estes, semelhantes aos do presente estudo.

No estudo de Stertz et al. (2005) e Yagui (2008) não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as amostras de hortaliças, dentre elas a alface, dos sistemas de cultivo convencional e orgânico com relação ao conteúdo de umidade, com teores em torno de 94 g/100 g em ambos estudos, sendo essas hortaliças as que possuíam maiores teores de umidade com relação às demais.

Resultados semelhantes aos do presente estudo foram reportados nos trabalhos de Pereira et al. (2016) que determinaram o teor de umidade em três hortaliças, na qual obtiveram um teor de 95,81 g/100 g para alface crespa convencional e no estudo de Melo e Faria (2014) que obtiveram um teor de 94,35 g/100 g para o repolho verde convencional.

Esse elevado teor de umidade apresentado nas hortaliças analisadas (Tabela 04) é devido ao fato, das mesmas, apresentarem em sua composição elevada quantidade de água, sendo que esse conteúdo é bastante variável entre as espécies e depende da irrigação, à época da colheita, bem como da temperatura e umidade relativa do meio ambiente. O conteúdo de água também é responsável pela turgidez dos tecidos, conferindo aos mesmos uma boa aparência.

Para o conteúdo de cinzas, a alface crespa (0,91 g/100 g), alface roxa (1,01 g/100 g) e o repolho verde (0,57 g/100 g) do sistema de cultivo orgânico foram as que obtiveram maiores conteúdos, com diferença estatisticamente significativa, quando comparado aos do sistema convencional. Entretanto, apenas a alface americana convencional (0,60 g/100 g) obteve maior conteúdo de cinzas em relação ao cultivo orgânico.

Esses resultados diferem do estudo de Souza (2012) que apresentaram maiores valores de cinzas para a alface americana orgânica com 0,81 g/100 g, e dos

estudos de Stertz et al. (2005) e Yagui (2008) que não obtiveram diferença estatisticamente significativa em relação aos sistemas de cultivo convencional e orgânico.

Os resultados de cinzas do cultivo orgânico do presente estudo (Tabela 04) foram semelhantes aos resultados obtidos por Arbos et al. (2010a) que apresentaram teores que variaram de 0,93 a 0,98 g/100 g para amostra de alface convencional. Vieira et al. (2014) obtiveram maiores conteúdo de cinzas em mini-tomates cultivados organicamente.

Diferenças com relação ao conteúdo de cinzas entre os sistemas de cultivo também foi verificado no estudo de Araújo (2012), apresentando teores de 0,97 g/100 g e 1,14 g/100 g para alfaces de cultivos convencionais e orgânicos, respectivamente, resultados estes semelhantes aos do presente estudo.

Konrdörfer et al. (2014) demonstram que todos os vegetais analisados, dentre eles o repolho verde, não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) para o conteúdo de cinzas, com teores de 0,49 g/100 g e 0,53 g/100 g para amostra de repolho verde convencional e orgânico, respectivamente.

Esse conteúdo elevado no cultivo orgânico do presente estudo, pode estar relacionado com as concentrações de nutrientes no solo, repercutindo, assim, no conteúdo de cinzas nas hortaliças. Esse fato foi observado no estudo de Souza (2012), na qual o solo do sistema de cultivo orgânico possuía maiores concentrações de fósforo, manganês e sódio, uma vez que o próprio manejo do solo que favorece que esses minerais não sejam perdidos.

O aumento do conteúdo de cinzas proporcionado pelo sistema de cultivo orgânico para a alface crespa, alface roxa e repolho verde pode favorecer a melhora do conteúdo nutricional dessas hortaliças, uma vez que maiores conteúdos de cinzas representam fornecimento de importantes minerais para o organismo, como potássio, cálcio, magnésio, sódio, ferro, zinco, cobre e manganês.

Para o conteúdo de proteínas, apenas a alface americana diferiu em relação ao sistema de cultivo, apresentando maior teor no cultivo orgânico quando comparado a do cultivo convencional, de 1,30 e 0,50 g/100 g, respectivamente ($p < 0,05$). Entretanto, Yagui (2008) demonstrou que a alface (4,9 g /100 g) e o coentro (8,26 g/100 g) do sistema de cultivo convencional possuíam maior conteúdo de proteínas quando comparado as do sistema orgânico (3,38 e 8,26 g/100 g, respectivamente).

Os resultados do presente estudo foram menores que aos analisados por Souza (2012) para alface americana e crespa do sistema de cultivo convencional (1,50 e 1,80 g/100 g, respectivamente) e orgânica (1,72 e 1,65 g/100 g, respectivamente). Entretanto, o referido autor obteve apenas maiores conteúdos de proteínas para alface lisa orgânica em relação à convencional ($p < 0,05$). Pereira et al. (2016) determinaram maiores conteúdos de proteínas para alface crespa (2,29 g/100 g) quando comparado aos resultados do presente estudo (Tabela 04).

A TACO (2011) apresenta teores de proteínas semelhantes aos do presente estudo que variaram de 0,6 a 1,7 g/100 g para os três tipos de alface convencional, bem como teores maiores aos do presente estudo, de 0,9 e 1,9 g/100 g para o repolho verde e roxo convencional, respectivamente.

Nos estudos de Pereira (2014) e Stertz et al. (2005) os teores de proteínas para as amostras de tomate, cenoura e alface provenientes dos sistemas de cultivo convencional e orgânico não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$).

Os teores de proteínas em hortaliças variam cerca de 1 a 2%, bem como os diferentes resultados obtidos, para o conteúdo das mesmas, podem ser justificados pela variabilidade genética, condições climáticas e a utilização de agrotóxicos que podem agir interferindo na absorção das radiações solares e alterar os processos fotossintéticos afetando os teores de nitratos que, por consequência, apresenta efeitos sobre os teores de proteínas, sendo este fato também mencionado no estudo de Souza (2012).

Outro fato que deve ser ressaltado é a utilização do fator de conversão do nitrogênio para proteínas das hortaliças. Muitos estudos utilizam o fator de conversão 6,25 que pode superestimar os teores de proteínas, sendo então, uma possível justificativa para as diferenças observadas quando comparados com os estudos reportados na literatura (PEREIRA, 2014; SOUZA, 2012; STERTZ et al., 2005; YAGUIU, 2008).

No que se refere ao conteúdo de lipídios, os teores variaram de 0,25 a 0,55 g/100 g, nas quais as hortaliças apresentaram diferença em relação ao sistema de cultivo ($p < 0,05$), exceto o repolho roxo, apresentando os maiores conteúdos para hortaliças de cultivo convencional (Tabela 04).

Pereira (2014) não verificou diferenças entre as amostras de cenoura e tomate do sistema de cultivo convencional e orgânico para o conteúdo de lipídios, obtendo teores que variaram 0,12 a 0,17 g/100 g.

Os resultados do presente estudo são semelhantes aos estudos de Stertz et al. (2005) que obtiveram teores de 0,27 e 0,29 para alface de cultivo convencional e orgânica, respectivamente, e de Arbos et al. (2010a) que verificaram teores de lipídios para alface orgânica que variam de 0,18 a 0,24 g/100 g.

Entretanto, quando comparado ao estudo de Melo e Faria (2014), o resultado do presente estudo foi maior para lipídeos, nos quais os referidos autores obtiveram teor de 0,02 g/100 g de lipídios para o repolho convencional. Já no estudo de Vieira et al. (2014) observaram que os mini-tomates orgânicos tinham maiores conteúdos de lipídios quando comparado as de cultivo convencional.

A variação observada para o conteúdo de lipídios pode ser justificada pelo tipo de solvente utilizado para a extração do conteúdo de lipídios, bem como uma possível extração de outros componentes lipossolúveis presente na matriz alimentar, superestimando o seu conteúdo final.

Os carboidratos são o segundo componente em maior quantidade presente nas hortaliças, como demonstrado na Tabela 04. As cinco hortaliças diferiram em relação ao sistema de cultivo ($p < 0,05$), com destaque para o repolho verde e roxo que obtiveram maior conteúdo de carboidratos em relação as demais hortaliças.

Vieira et al. (2014) verificaram maiores conteúdos de carboidratos para mini-tomates provenientes do sistema de cultivo convencional em relação as do cultivo orgânico. Essa diferença em relação ao sistema de cultivo não foi observada no estudo de Stertz et al. (2005) para amostras de alface, com teores que variam de 3,39 a 3,22 g/100 g, resultados estes, maiores do que deste estudo.

Com relação ao conteúdo de carboidratos para o repolho analisado, os mesmos foram semelhantes aos resultados determinados por Manchalia; Murthy e Patilb (2012), apresentando conteúdo de 6,0 g/100 g e pela TACO (2011), com teores de 3,9 e 7,2 g/100 g para o repolho verde e roxo, respectivamente, bem como, os mesmos, foram maiores aos obtidos por Melo e Faria (2014) com teores de 3,02 g/100 g.

As hortaliças analisadas (Tabela 04) apresentaram baixos valores energéticos totais variando de 12,09 a 33,87 kcal/100g, com destaque para repolho roxo convencional que obteve o maior VET, sendo os resultados do presente estudo semelhantes ao demonstrados na TACO (2011) que foram entre 9 a 14 kcal/100 g para os três tipos de alface e entre 17 a 31 kcal/100 g para os dois tipos de repolho,

e no estudo de Arbos et al. (2010a) que foi entre 15,98 a 20,04 kcal/100 g para alface orgânica.

Stertz et al. (2005), em seu estudo, verificaram que as alfaces convencional e orgânica não diferiram entre si ($p < 0,05$) em relação ao VET, com valores em torno de 13 kcal/100 g, assemelhando-se aos resultados demonstrados na Tabela 04. O mesmo fato foi observado no estudo de Yagui (2008), no qual as amostras de alface, coentro e cenoura não diferiam em relação ao sistema de cultivo.

O baixo VET determinado nas cinco hortaliças deve-se ao fato das próprias características da composição centesimal, uma vez que as mesmas possuem elevador teor de umidade (acima de 90 g/100 g), bem como o baixo conteúdo de lipídios, proteínas e carboidratos que compõem o VET de cada hortaliça.

5.2 Compostos Fenólicos na Alface

Os resultados dos compostos fenólicos obtidos dos três tipos de alface do cultivo convencional e orgânico estão demonstrados nas Tabela 05.

Tabela 05. Compostos fenólicos da alface crespa, americana e roxa do sistema de cultivo convencional e orgânica.

Alface	Compostos fenólicos	Teor (mg/100 g) por sistema de cultivo	
		Convencional Média \pm DP	Orgânico Média \pm DP
Crespa (crespa verde)	Fenólicos totais (mg GAE/100 g)	275,25 \pm 8,44 ^a	1219,46 \pm 0,00 ^b
	Flavonoides totais (mg EQ/100 g)	3,97 \pm 0,00 ^a	718,21 \pm 1,97 ^b
	Taninos condensados (mg EC/100 g)	0,58 \pm 0,00 ^a	4,88 \pm 0,00 ^b
	Antocianinas (mg C-3G/100 g)	0,84 \pm 0,05 ^a	1,18 \pm 0,02 ^b
Americana (lisa verde)	Fenólicos totais (mg GAE/100 g)	333,68 \pm 9,74 ^a	229,75 \pm 9,71 ^b
	Flavonoides totais (mg EQ/100 g)	126,63 \pm 8,28 ^a	97,11 \pm 0,00 ^b
	Taninos condensados (mg EC/100 g)	0,76 \pm 0,12 ^a	2,13 \pm 0,20 ^b
	Antocianinas (mg C-3G/100 g)	2,97 \pm 0,00 ^a	2,87 \pm 0,02 ^b
Roxa (crespa roxa)	Fenólicos totais (mg GAE/100 g)	808,53 \pm 9,73 ^a	1282,89 \pm 9,73 ^b
	Flavonoides totais (mg EQ/100 g)	360,75 \pm 1,17 ^a	680,30 \pm 0,00 ^b
	Taninos condensados (mg EC/100 g)	16,35 \pm 0,00 ^a	63,63 \pm 0,00 ^b
	Antocianinas (mg C-3G/100 g)	6,65 \pm 0,00 ^a	19,88 \pm 0,00 ^b

Média de três repetições \pm desvio-padrão (DP). Letras sobrescritas diferentes entre o sistema de cultivo (convencional e orgânico) e os tipos de alface (crespa, americana e roxa) das colunas, na mesma linha, apresentam diferença significativa ao nível $p < 0,05$, segundo o teste *t Student*. Fonte. Dados da pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Os três tipos de alface diferiram em relação ao sistema de cultivo ($p < 0,05$) para o teor de fenólicos totais, apresentando-se maiores para o cultivo orgânico a

alface crespa (1219,46 mg GAE/100 g) e alface roxa (1282,89 mg GAE/100 g) com resultados semelhantes.

Maiores teores obtidos no cultivo orgânico também foram verificados nos estudos de Arbos et al. (2010b), no qual os extratos orgânicos de rúcula (126,84 mg GAE/100 g), alface (108,72 mg GAE/100 g) e almeirão (92,15 mg GAE/100 g) apresentaram maiores teores de fenólicos quando comparado com as do cultivo convencional, e no estudo de Grudzińska et al. (2016), na qual as batatas cultivadas convencionalmente obtiveram menores teores (186 mg/100 g) quando comparadas as cultivadas organicamente (203,3 mg/100 g).

Hallmann e Rembiałkowska (2012) verificaram que tanto o conteúdo total e individual de fenólicos foram significativamente maiores nos pimentões provenientes do sistema de cultivo orgânico, com teor de fenólicos totais de 95,36 mg/100 g, demonstrando a influência do sistema de cultivo sobre o conteúdo dos compostos fenólicos.

Tiveron (2010) demonstrou que dentre os vegetais analisados, a alface apresentou maior conteúdo de fenólicos totais (1690 mg GAE/100g), seguido do açafrão (1280 mg GAE/100 g), agrião (1250 mg GAE/100 g), alcachofra (1180 mg GAE/100 g) e espinafre (1220 mg GAE/100 g), resultados semelhantes aos do presente estudo, verificando-se que a alface apresenta uma quantidade elevada destes compostos.

No entanto, o aumento do conteúdo de compostos fenólicos devido a prática do cultivo orgânico não foi observado no estudo de Sofo et al. (2016) que determinaram que alface crespa convencional obteve maior conteúdo deste composto na faixa de 114 a 225 mg/100 g, demonstrando que nem sempre os efeitos do sistema de cultivo sobre o conteúdo dos compostos fenólicos são significativos.

Os estudos da literatura mencionados anteriormente são concordantes com os resultados do presente estudo para a alface crespa e a roxa, demonstrando que a ausência na utilização de produtos químicos de proteção no sistema de cultivo orgânico promove a ativação de mecanismos naturais de defesa das plantas contra doenças e pragas, resultando no aumento dos metabólicos secundários, dentre eles, os compostos fenólicos totais. Entretanto, o sistema de cultivo orgânico nem sempre apresenta resultados positivos (SOFO et al., 2016) que corrobora com os resultados

do presente estudo, uma vez que esse efeito também não foi verificado na alface americana orgânica do presente estudo.

Segundo Llorach et al. (2008) e Tiveron (2010) existem vários fatores que podem interferir no conteúdo de compostos fenólicos, dentre eles estão a sazonalidade, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, adição de nutrientes, poluição atmosférica, danos mecânicos, ataques de patógenos, bem como as próprias condições agrônômicas e ambientes podem afetar o conteúdo de fenólicos nas hortaliças

Ressalta-se que os compostos fenólicos totais são geralmente determinados utilizando o reagente de *Folin-Ciocalteu*. Entretanto, o mesmo pode interagir com outras substâncias redutoras não fenólicas e, assim, sobrestimar o teor de polifenóis, tais como o ácido ascórbico, que se comportam como agentes de redução.

Os flavonoides são uma classe dos compostos fenólicos totais, sendo este composto um dos principais grupos encontrados no reino vegetal, apresentando-se em maior quantidade nos três tipos de alface analisados (Tabela 05). Dentre as alfaces analisadas, as alfaces crespa e roxa do sistema de cultivo orgânico apresentaram maiores conteúdos de 718,21 e 680,30 mg EQ/100 g, respectivamente, quando comparado as do cultivo convencional. Entretanto, a alface americana convencional apresentou maior conteúdo de flavonoides (126,63 mg EQ/100 g).

No entanto, esse destaque do sistema de cultivo orgânico sobre o sistema convencional, com base no conteúdo de flavonoides totais, não foi determinado por Hallmann e Rembiałkowska (2012). Neste estudo, os pimentões não diferiram ($p < 0,05$) com relação sistema de cultivo adotado, com teores de 76,47 e 79,8 mg/100 g, respectivamente. Entretanto, Mitchell et al. (2007) e Heimler et al. (2012), verificaram resultados favoráveis para tomates e alface cultivados em sistema orgânico, observando aumento no conteúdo de flavonoides em relação ao cultivo convencional.

Salama et al. (2015) reportaram que as cultivares de erva-doce em adubo orgânico obtiveram maior conteúdo de flavonoides (489 mg/100 g) com relação ao controle (313 mg/100 g), demonstrando, assim, que os adubos orgânicos proporcionam aumento no conteúdo deste composto, devido ao fato que o mesmo

favorece o direcionamento das vias metabólicas a produção intensiva de metabólitos secundários, dentre eles os flavonoides totais.

Na literatura consultada, há uma escassez de trabalhos que comparem o conteúdo flavonoides totais em hortaliças de cultivo orgânico e convencional, sendo esta uma dificuldade para se comparar com outros estudos.

O aumento no conteúdo de flavonoides proporcionado pelo sistema de cultivo orgânico, observado na maioria das amostras de alface do presente estudo, deve-se ao fato de que este sistema de cultivo favorece o aumento do seu conteúdo como mecanismo de defesa das plantas, em virtude da não utilização de produtos químicos para a sua proteção contra as pragas.

É importante ressaltar que seu conteúdo é fortemente influenciado por fatores extrínsecos, como estação do ano, incidência de radiação ultravioleta, clima, composição do solo, bem como o sistema de cultivo adotado.

Para o conteúdo de taninos condensados, os três tipos de alface do cultivo orgânico obtiveram maiores conteúdos quando comparado com as do cultivo convencional ($p < 0,05$), tendo destaque para alface roxa (Tabela 05). Não foram encontrados na literatura registros sobre a influência do sistema de cultivo sobre concentração de taninos em amostras de alface.

Com relação ao conteúdo de antocianinas, o sistema de cultivo orgânico favoreceu o aumento do seu conteúdo para as alfaces crespa e roxa, apresentando os respectivos teores de 1,18 e 19,88 mg/100 g, demonstrando efeito positivo, do cultivo orgânico, para o aumento no conteúdo deste composto nas hortaliças. A coloração da alface roxa reflete o elevado conteúdo de antocianinas, uma vez que esse composto bioativo é responsável pelas colorações azul, púrpura e vermelha nas hortaliças.

Esse fato também foi verificado no estudo de Llorach et al. (2008) que demonstraram que as alfaces de coloração vermelha possuem conteúdo de antocianinas na faixa de 25,9 a 45,6 mg/100 g, sendo estes teores maiores nas variedades de coloração verde.

Machado; Pereira e Marcon (2013) obtiveram maiores teores de antocianinas em hortaliças e frutas em relação aos obtidos no presente estudo, com teores na faixa de 28,78 a 107,30 mg/100 g, com destaque para a alface roxa que obteve um dos maiores teores de antocianinas (102,85 mg/100 g), demonstrando

que esse composto está presente em concentrações elevada em hortaliças de coloração vermelha.

Wang et al. (2008) verificaram maior conteúdo de antocianinas em mirtilos orgânicos quando comparados com os provenientes do sistema de cultivo convencional, apresentando teor médio de 131,2 mg/100 g, demonstrando, assim, o aumento deste composto proporcionado pelo cultivo orgânico.

5.3 Atividade Antioxidante na Alface

Na Tabela 06 consta a atividade antioxidante pelo método de captura de radicais DPPH dos três tipos alface provenientes do cultivo convencional e orgânico. Verificou-se que os três tipos de alface diferiram entre si ($p < 0,05$), com destaque para as alfaces crespa e roxa do cultivo orgânico que obtiveram maior poder de redução dos radicais livres, com 4261,77 e 3779,11 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$, sendo este fato observado no estudo de Arbos et al. (2010b).

Tabela 06. Atividade antioxidante ($\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$) da alface crespa, americana e roxa do sistema de cultivo convencional e orgânico.

Alface	Atividade antioxidante pelo método DPPH* ($\mu\text{mol TEAC}^{**}/100\text{ g}$) por sistema de cultivo	
	Convencional Média \pm DP	Orgânico Média \pm DP
Crespa (crespa verde)	1055,86 \pm 7,74 ^a	4261,77 \pm 8,38 ^b
Americana (lisa verde)	1086,04 \pm 3,27 ^a	598,00 \pm 3,60 ^b
Roxa (crespa roxa)	2079,71 \pm 9,12 ^a	3779,11 \pm 9,08 ^b

*DPPH: 2,2-difenil-1-picril-hidrazil.

**TEAC: Capacidade Antioxidantes equivalente ao Trolox.

Média de três repetições \pm desvio-padrão (DP). Letras sobrescritas diferentes entre o sistema de cultivo (convencional e orgânico) e os tipos de alface (crespa, americana e roxa) das colunas, na mesma linha, apresenta diferença significativa ao nível $p < 0,05$, segundo o teste *t Student*.

Fonte. Dados da pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Copetti (2010), Heimler et al. (2012) e Oliveira (2012) não verificaram influência do sistema de cultivo entre as amostras de morango, alface e tomate provenientes do cultivo convencional e orgânico com relação a sua capacidade antioxidante. Já Sofo et al. (2016) observaram que a alface crespa convencional obteve uma elevada e significativa atividade antioxidante quando comparado ao sistema orgânico, com valores na faixa de 200,1 a 402,6 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$.

O fato que pode ter favorecido para a alface crespa e roxa orgânica, bem como a alface americana convencional, do presente estudo, possuírem maior atividade antioxidante é devido as mesmas apresentarem maior conteúdo de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, taninos e antocianinas (Tabela 05), exceto para alface americana que obteve apenas maior conteúdo de fenólicos totais, flavonoides totais e antocianinas, contribuindo, assim, para maior capacidade de inibição dos radicais DPPH, uma vez que a atividade antioxidante não é apenas produto de um ou outro composto isolado e sim da interação entre os mesmos, resultando na atividade antioxidante total.

5.4 Conteúdo de Minerais na Alface

Os resultados referentes às análises de minerais dos três tipos de alface obtidos do sistema de cultivo convencional e orgânico estão demonstrados na Tabela 07.

Tabela 07. Conteúdo de minerais (mg/100 g) para as amostras de alface crespa, americana e roxa do sistema de cultivo convencional (conv) orgânico (org).

Minerais	Alface Crespa		Alface Americana		Alface Roxa	
	Conv	Org	Conv	Org	Conv	Org
Cálcio	905 ± 8 ^a	934 ± 11 ^b	672 ± 8 ^a	541 ± 2 ^b	835 ± 11 ^a	1083 ± 23 ^b
Sódio	470 ± 14 ^a	90 ± 1 ^b	408 ± 5 ^a	116 ± 2 ^b	1306 ± 30 ^a	289 ± 6 ^b
Cobre	0,14 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	0,42 ± 0,02 ^a	0,28 ± 0,04 ^b	0,45 ± 0,01 ^a	0,19 ± 0,04 ^b
Ferro	6,88 ± 0,08 ^a	5,96 ± 0,15 ^a	5,32 ± 0,01 ^a	4,49 ± 0,05 ^a	21,1 ± 0,3 ^a	5,29 ± 0,02 ^b
Magnésio	296 ± 4 ^a	166 ± 4 ^b	229 ± 3 ^a	203 ± 3 ^b	498 ± 6 ^a	328 ± 8 ^b
Manganês	1,98 ± 0,02 ^a	0,95 ± 0,01 ^b	1,38 ± 0,01 ^a	0,81 ± 0,01 ^b	5,81 ± 0,01 ^a	1,16 ± 0,01 ^b
Fósforo	557 ± 6 ^a	425 ± 5 ^b	460 ± 3 ^a	513 ± 3 ^b	484 ± 4 ^a	479 ± 5 ^b
Potássio	5118 ± 122 ^a	6209 ± 69 ^b	3979 ± 38 ^a	3741 ± 48 ^b	2880 ± 77 ^a	5467 ± 137 ^b
Zinco	1,99 ± 0,02 ^a	1,47 ± 0,08 ^b	2,06 ± 0,01 ^a	2,67 ± 0,01 ^b	3,95 ± 0,04 ^a	1,67 ± 0,11 ^b

Médiade três repetições ± desvio-padrão (DP). Letras subscrita diferentes entre o sistema de cultivo (convencional e orgânico), apresenta diferença significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$) segundo o teste *t* de Student.
Fonte. Dados da pesquisa. Teresina-PI, 2017.

As amostras do sistema de cultivo orgânico obtiveram maiores conteúdos ($p < 0,05$) dos macrominerais cálcio (Ca) e potássio (K), com exceção da alface americana orgânica que obteve menor conteúdo dos referidos minerais. Foi observado menores conteúdos ($p < 0,05$) dos macrominerais sódio (Na), magnésio

(Mg) e fósforo (P) e dos microminerais cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) nas amostras do sistema de cultivo orgânico, com exceção para a alface americana orgânica que obteve maior conteúdo de P e Zn.

De uma forma geral, o aumento no conteúdo de cinzas na maioria das alfaces orgânicas (Tabela 04) é devido ao maior conteúdo de minerais presentes, proporcionado pelo sistema de cultivo orgânico.

Com relação ao conteúdo de ferro (Fe), observou-se redução do seu conteúdo apenas na alface roxa orgânica. Esses resultados demonstram que o sistema de cultivo pode promover alterações no teor de minerais que pode ser influenciado pelas condições de solo, clima e o tipo de hortaliça.

Segundo a TACO (2011), o teor de Ca para a alface crespa e roxa é de 38 e 34 mg/100 g, respectivamente. No entanto, no presente estudo foi verificado que as alfaces crespa e roxa do cultivo orgânico tiveram um aumento de 3,2% e 29,7% em relação às do cultivo convencional, respectivamente, com destaque para a alface roxa orgânica.

Stertz (2004) demonstrou que o conteúdo de minerais variou em relação ao sistema de cultivo nas amostras de hortaliças, sendo que algumas hortaliças orgânicas apresentaram maiores conteúdos de alguns minerais (Fe e Mn para o couve-flor), bem como outras apresentavam menor conteúdo (Ca, K, Mg, Fe, P, Mn e Zn para o espinafre) em relação ao cultivo convencional, sendo essa variação observada na presente pesquisa.

O referido estudo demonstrou que a alface crespa orgânica obteve um menor conteúdo de K (159,45 mg/100 g) em relação a do cultivo convencional (258,92 mg/100 g), não apresentando diferença estatística ($p < 0,05$) para os minerais Ca, P, Mg, Na, Cu, Fe, Mn e Zn. Estes resultados diferem aos observados no presente estudo, uma vez que a alface crespa e roxa, do presente estudo, obteve um aumento de 21,3 e 89,8% de K em relação as do cultivo convencional.

Menores conteúdos de Mn e Na para alface crespa orgânica, demonstrado na Tabela 08, também foram reportados por Araújo et al. (2014) com teores de 1,023 mg/100 g, e 835,75 mg/100 g respectivamente. Entretanto, o referido autor obteve maiores conteúdo de Cu (0,867 mg/100 g), Fe (4,91 mg/100 g), K (547,50 mg/100 g) e Mg (14,23 mg/100 g) para a alface crespa orgânica, sendo esse aumento, nos referidos minerais, não observado no presente estudo que pode ser

justificado pelas condições do solo, região e época do plantio, clima, o manejo das hortaliças, bem como as diferentes variedades.

López et al. (2013) determinaram a composição mineral em duas cultivares de pimentas provenientes do cultivo convencional e orgânico e não obtiveram diferença para os minerais K, Ca e Mg em relação ao sistema de cultivo, demonstrando apenas que as pimentas do cultivo convencional tinham maior teor de P (110,6 mmol/kg). Esse maior conteúdo de P também foi observado no presente estudo para alface americana orgânica, um aumento de 11,5% em relação a do cultivo convencional.

Entretanto, no estudo de Sofo et al. (2016) as amostras de alfaces crespa dos tratamentos orgânicos apresentaram maiores teores dos macrominerais Mg (399 a 460 mg/100 g) e Na (233 a 343 mg/100 g) e do micromineral Cu (0,95 a 1,12 mg/100 g), bem como menores concentrações de Mn (1,93 a 2,39 mg/100 g), sendo estes resultados maiores do que os obtidos no presente estudo, não apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) para os minerais K, Ca, P, Fe e Zn.

Kelly e Bateman (2010) obtiveram conteúdos elevados de Ca, Cu e Zn e uma menor concentração média de Mn em alfaces orgânicas, apresentando alguns resultados semelhantes ao obtido na pesquisa (Tabela 07). Essas variações no conteúdo de minerais do presente estudo, bem como as variações dos resultados mencionados da literatura, devem-se a possível presença de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nos solos de cultivo orgânico, uma vez que esses fungos promovem efeitos no processo de nutrição da planta, repercutindo, conseqüentemente, no conteúdo de minerais (GOSLING et al., 2006; KELLY e BATEMAN, 2010).

Outro fato que deve ser ressaltado, segundo Gosling et al. (2006), é o efeito do FMA sobre a absorção de nutrientes pelas plantas que pode estar ligada a presença da seletividade entre o hospedeiro e os fungos, uma vez que diferentes FMA têm efeitos variados em diferentes espécies de plantas, apresentando desde aumentos fortemente positivos na absorção de nutrientes, até efeitos negativos para o crescimento.

Essas diferenças observadas para os teores de minerais, bem como o seu conteúdo em hortaliças de cultivo convencional e orgânico, devem-se também ao fato da possível comparação de produtos obtidos em diferentes anos e em diferentes regiões que implicam em diferentes características de solo, não

permitindo, assim, uma comparação precisa do sistema de produção, bem como a não identificação do selo de certificação orgânica nos alimentos orgânicos, obtendo resultados diversos.

5.5 Compostos Fenólicos no Repolho

Os resultados dos compostos fenólicos dos dois tipos de repolho do cultivo convencional e orgânico estão demonstrados nas Tabela 08.

Tabela 08. Compostos fenólicos do repolho verde e roxo do sistema de cultivo convencional e orgânica.

Repolho	Compostos fenólicos	Teor (mg/100 g) por sistema de cultivo	
		Convencional Média ± DP	Orgânico Média ± DP
Verde	Fenólicos totais (mg GAE/100 g)	350,20 ± 0,00 ^a	366,78 ± 4,99 ^b
	Flavonoides totais (mg EQ/100 g)	242,47 ± 3,44 ^a	256,82 ± 3,43 ^b
	Taninos condensados (mg EC/100 g)	0,58 ± 0,00 ^a	1,99 ± 0,02 ^b
	Antocianinas (mg C-3G/100 g)	1,60 ± 0,01 ^a	1,99 ± 0,00 ^b
Roxo	Fenólicos totais (mg GAE/100 g)	1006,55 ± 6,78 ^a	1102,07 ± 9,74 ^b
	Flavonoides totais (mg EQ/100 g)	672,39 ± 10,97 ^a	957,42 ± 11,04 ^b
	Taninos condensados (mg EC/100 g)	61,87 ± 1,61 ^a	124,22 ± 1,62 ^b
	Antocianinas (mg C-3G/100 g)	26,40 ± 0,54 ^a	57,39 ± 2,20 ^b

Média de três repetições ± desvio-padrão (DP). Letras sobrescritas diferentes entre o sistema de cultivo (convencional e orgânico) e os tipos de repolho (verde e roxo) das colunas, na mesma linha, apresenta diferença significativa ao nível $p < 0,05$, segundo o teste *t Student*.

Fonte. Dados da pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Os dois tipos de repolho diferiram em relação ao sistema de cultivo ($p < 0,05$), no qual o cultivo orgânico favoreceu o aumento no conteúdo dos compostos fenólicos para o repolho verde (366,78 mg GAE/100 g) e o roxo (1102,07 mg GAE/100 g).

Os resultados obtidos do presente estudo são maiores comparados aos reportados por Faller e Fialho (2010) e Machado; Pereira e Marcon (2013) que obtiveram teores de 66,9 e 75,45 mg/100 g para repolho verde e roxo convencional, respectivamente, e por Mélo; Lima e Maciel (2006), com teores de 47,34 mg/100 g de repolho verde, bem como são semelhantes aos resultados do estudo de Tiveron (2010) para o repolho verde convencional (390 mg/100 g).

Menores teores aos da presente pesquisa também foram verificados nos estudos de Šamec et al. (2014) que obtiveram teores que variaram de 826 a 1194 mg GAE/100 g em repolho verde convencional de diferentes países europeus, e no

estudo Podsedek et al. (2006) com teores de fenólicos totais em repolho verde e roxo convencional de diferentes cultivares variaram de 20,81 a 29,70 mg GAE/100 g e 134,73 a 171,36 mg GAE/100 g, respectivamente. Esses estudos demonstraram como os compostos fenólicos sofrem variações dentro da mesma espécie, sendo influenciados pela região e ambiente de cultivo, justificando os resultados mencionados.

O aumento do conteúdo de composto fenólicos proporcionado pelo sistema de cultivo orgânico deve-se a não utilização de fertilizantes artificiais que, conseqüentemente, resultará em uma diminuição na disponibilidade de nitrogênio para as plantas, fazendo com que o metabolismo seja desviado para a produção de compostos metabólicos secundários, dentre eles os compostos fenólicos totais. Esses compostos aumentarão a resistência das plantas a pragas e doenças, fato este também verificado nos resultados dos diferentes tipos de alface da presente pesquisa (Tabela 05).

Com relação ao conteúdo de flavonoides totais, os dois tipos de repolho diferiram em relação ao sistema de cultivo, demonstrando maiores conteúdos para o sistema de cultivo orgânico. Este mesmo fato foi verificado no estudo Machado (2012) que determinou o conteúdo de flavonoides em brócolis produzidos de modo convencional e orgânico submetidos em tratamentos de sanitização, apresentando maior conteúdo de flavonoides no brócolis orgânico.

Entretanto, Rocha (2006) demonstrou no seu estudo que algumas amostras não apresentaram diferenças significativas entre os modos de cultivo convencional e orgânico, tais como casca de abóbora, berinjela, laranja e maracujá, folha de rabanete e talos de brócolis e couve. Apenas casca de banana, folha de cenoura e de uva, cultivadas de modo orgânico apresentaram maiores teores de flavonoides.

Šamec et al. (2014) obtiveram teores de flavonoides para genótipos de repolho verde que variaram de 363 a 569 mg/100 g, resultados estes maiores ao obtidos na presente pesquisa (Tabela 08).

O sistema de cultivo orgânico proporcionou o aumento no conteúdo de taninos no repolho verde e roxo ($p < 0,05$), apresentando teores de 1,99 e 124,22 mg/100 g, respectivamente. Mélo; Lima e Maciel (2006) obtiveram maiores teores, quando comparados aos do presente estudo para repolho verde (15,27 mg/100 g) e roxo (114,15 mg/100 g) convencional.

Não foram encontrados na literatura trabalhos que comparam o conteúdo de taninos em repolho proveniente do cultivo convencional e orgânico.

Os dois tipos de repolho diferiram em relação ao sistema de cultivo para o conteúdo de antocianinas, com destaque para o repolho roxo orgânico que obteve um maior conteúdo do referido composto (57,39 mg/100 g). O elevado teor de antocianinas presente no repolho roxo reflete a sua coloração, uma vez que este composto bioativo é responsável pela coloração característica desta hortaliça.

Entretanto, o fato citado anteriormente não foi verificado no estudo de Andrade (2013) no qual os morangos obtidos do sistema de cultivo convencional e orgânico não diferiram em relação ao conteúdo de antocianinas.

Machado; Pereira e Marcon (2013) obtiveram conteúdo de antocianinas para diferentes frutas e hortaliças convencionais com variação de 0,04 a 7,89 mg/100 g, com o repolho roxo apresentando maior conteúdo deste composto entre as amostras analisadas. Mélo; Lima e Maciel (2006) verificaram menor conteúdo de antocianinas de 72,83 mg/100 g para o repolho roxo convencional quando comparado ao analisado.

Teores de antocianinas em repolho verde convencional de quatro países europeus foram analisados no estudo de Kusznierevicz et al. (2008) que obtiveram teores de 2 a 4 mg/100 g, demonstrando que o mesmo pode ser influenciado pela região onde foi cultivado, bem como pelo período de cultivo.

Essa variação no conteúdo de antocianinas deve-se ao fato que esse composto é influenciado pelo período de cultivo, as condições climáticas, pH, ataque de pragas, sistema de cultivo adotado, bem como o método utilizado para a extração das antocianinas.

5.6 Atividade Antioxidante no Repolho

A atividade antioxidante dos dois tipos de repolho provenientes do cultivo convencional e orgânico estão demonstrados na Tabela 09. Verificou-se que os dois tipos de repolho provenientes do sistema de cultivo orgânico apresentaram maior atividade de redução do radical DPPH, conferindo para os mesmos, maior atividade antioxidante. Fato este também observado para a alface crespa e roxa do presente estudo (Tabela 06).

Tabela 09. Atividade antioxidante ($\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$) do repolho verde e roxo do sistema de cultivo convencional e orgânico.

Repolho	Atividade antioxidante pelo método DPPH* ($\mu\text{mol TEAC}^{**}/100\text{ g}$) por sistema de cultivo	
	Convencional Média \pm DP	Orgânico Média \pm DP
Verde	1241,11 \pm 7,74 ^a	1325,98 \pm 8,38 ^b
Roxo	2587,31 \pm 8,86 ^a	3263,60 \pm 9,15 ^b

*DPPH: 2,2-difenil-1-picril-hidrazil.

**TEAC: Capacidade Antioxidantes equivalente ao Trolox.

Média de três repetições \pm desvio-padrão (DP). Letras sobrescritas diferentes entre o sistema de cultivo (convencional e orgânico) e os tipos de repolho (verde e roxa) das colunas, na mesma linha, apresenta diferença significativa ao nível $p < 0,05$, segundo o teste *t Student*.

Fonte. Dados da pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Essa maior atividade antioxidante presente em hortaliças orgânicas também foi verificado em estudo citado anteriormente (ARBOS et al., 2010b). Entretanto, ressalta-se que alguns estudos não obtiveram diferença para atividade antioxidante em hortaliças e frutas provenientes do cultivo convencional e orgânico (COPETTI, 2010; HEIMLER et al., 2012; OLIVEIRA, 2012).

Kusznierewicz et al. (2008) obtiveram atividade antioxidante para amostras de repolho verde convencional de diferentes regiões na faixa de 305 a 542 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$, sendo estes resultados menores aos obtidos no presente estudo. O mesmo fato também foi verificado no estudo de Podsedek et al. (2006) que obtiveram teores de 146 a 181 μmol e 981 a 1264 $\mu\text{mol TEAC}/100\text{ g}$ para o repolho verde e roxo convencional, respectivamente.

No estudo de Faller e Fialho (2010), as amostras da folha interna e externa de repolho branco não diferiram, em relação ao sistema de cultivo convencional e orgânico, para a atividade antioxidante, visto que, no referido estudo, o conteúdo de compostos fenólicos totais não diferiu em relação aos sistemas de cultivo, uma vez que esses compostos contribuem para a atividade antioxidante das hortaliças.

A elevada atividade antioxidante determinada nos dois tipos de repolho do cultivo orgânico é devida ao fato que os mesmos apresentaram maiores teores de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, taninos condensados e antocianinas, demonstrado na Tabela 08, uma vez que a atividade antioxidante é resultante na ação conjunta destes compostos, repercutindo, assim, na atividade antioxidante final. O sistema de cultivo orgânico promoveu aumento no conteúdo de compostos fenólicos, bem como na atividade antioxidante na maioria das hortaliças analisadas,

tornando-se, assim, um alimento que pode auxiliar na prevenção e redução de risco contra as doenças crônicas não transmissíveis.

5.7 Conteúdo de Minerais no Repolho

A Tabela 10 demonstra os resultados de minerais dos dois tipos de repolho provenientes do sistema de cultivo convencional e orgânico.

Tabela 10. Conteúdo de minerais (mg/100 g) para as amostras de repolho verde e roxo do sistema de cultivo convencional (conv) orgânico (org).

Minerais	Repolho Verde		Repolho Roxo	
	Conv	Org	Conv	Org
Cálcio	432 ± 1 ^a	499 ± 3 ^b	489 ± 3 ^a	356 ± 2 ^b
Sódio	61,2 ± 0,4 ^a	169 ± 13 ^b	49 ± 2 ^a	69,3 ± 0,7 ^b
Cobre	0,22 ± 0,02 ^a	0,16 ± 0,01 ^a	0,13 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^a
Ferro	2,42 ± 0,09 ^a	2,45 ± 0,09 ^a	2,95 ± 0,04 ^a	2,77 ± 0,13 ^a
Magnésio	187 ± 1 ^a	222 ± 1 ^b	150 ± 2 ^a	181 ± 2 ^b
Manganês	2,03 ± 0,01 ^a	1,53 ± 0,01 ^b	1,36 ± 0,01 ^a	1,12 ± 0,03 ^b
Fósforo	93 ± 1 ^a	435 ± 4 ^b	281 ± 2 ^a	367 ± 3 ^b
Potássio	2813 ± 44 ^a	2727 ± 100 ^b	2790 ± 41 ^a	2948 ± 9 ^b
Zinco	2,13 ± 0,02 ^a	2,12 ± 0,02 ^a	1,75 ± 0,02 ^a	1,42 ± 0,03 ^b

Média de três repetições ± desvio-padrão (DP). Letras sobrescrita diferentes entre o sistema de cultivo (convencional e orgânico), apresenta diferença significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$) segundo o teste *t* de Student.

Fonte. Dados da pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Observou-se um maior conteúdo dos macrominerais ($p < 0,05$) Ca, Na, Mg, P e K para as amostras de repolho do sistema de cultivo orgânico, com exceção do repolho roxo orgânica que obteve menor conteúdo de Ca (356 mg/100 g) e do repolho verde orgânico que obteve menor conteúdo de K (2727 mg/100 g) em relação as do cultivo convencional (489 e 2813 mg/100 g, respectivamente).

Dentre os minerais citados, destaca-se o Na e P nas amostras de repolho verde e roxa do cultivo orgânico que obtiveram aumento de 176% e 41,4% de Na e de 367,7% e 30,6% de P, respectivamente, em relação ao cultivo convencional, demonstrando que o sistema de cultivo orgânico favoreceu o aumento no conteúdo dos referidos minerais. O aumento no conteúdo de cinzas nas amostras de repolho do sistema de cultivo orgânico (Tabela 04) é em virtude do maior conteúdo de minerais presentes nos mesmos.

Com relação aos microminerais Cu, Fe e Zn, não foi observado diferença estatística ($p < 0,05$) nos seus conteúdos entre os dois sistemas de cultivos, com exceção do repolho roxo orgânico que obteve menor conteúdo de Zn (1,42 mg/100 g) com redução de 18,8% em relação ao do cultivo convencional (1,75 mg/100 g).

Para o micromineral Mn, observou-se menor conteúdo ($p < 0,05$) para o repolho verde e roxo do cultivo orgânico, com redução de 24,6% e 17,6%, respectivamente, em relação aos do cultivo convencional. Esse fato demonstra que o sistema de cultivo pode ter efeito variado sobre o conteúdo de alguns minerais, ou até mesmo não proporcionar diferenças para o seu conteúdo quando comparado com as do cultivo convencional.

Nos estudos de Konrdörfer et al. (2014) e Korndörfer; Maciel e Souza (2015) não foram observado diferenças estatisticamente significativa para os minerais K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe, Mn e Na para o repolho verde, em relação ao sistema de cultivo convencional e orgânico, o que difere do verificado neste trabalho, possivelmente devido as diferentes condições de cultivo (condições do solo, água, temperatura, umidade), região e época de cultivo.

Maior conteúdo dos minerais K e Na, bem como o menor conteúdo de Mn observado no presente estudo, também foi reportado por Araújo et al. (2014) em amostras de pimenta e tomate do sistema de cultivo orgânico. O aumento do conteúdo de alguns minerais, bem como a redução de outros minerais, principalmente o Mn, em hortaliças de cultivo orgânico é um padrão que tem sido relatado em diversos estudos (KELLY e BATEMAN, 2010; LOPEZ et al. 2013; SOFO, et al. 2016).

Uma das possíveis justificativas seria atribuído à maior concentração de FMA em solos orgânicos, visto que esse sistema favorece a proliferação desses fungos que, por sua vez, influenciam no processo de absorção de nutrientes pelas plantas, afetando o conteúdo de minerais, fato este que também se aplica aos resultados obtido para os diferentes tipos de alface (Tabela 07).

As diferenças no conteúdo de minerais nem sempre foram significativas, uma vez que deve-se levar em consideração diversos fatores, dentre eles a biodisponibilidade do mineral e, especialmente, a absorção das plantas que depende da condição do solo, justificando, assim as diferenças observadas no conteúdo de minerais nos diferentes estudos que analisaram hortaliças convencionais e orgânicas.

O incremento nos teores de minerais proporcionado pelo sistema de cultivo orgânico aos alimentos provenientes desse sistema, melhora a qualidade nutricional dos mesmos, promovendo maior aporte de minerais, por meio do consumo, para a população. Com isso, torna-se imprescindível a compreensão acerca de como o ambiente e as práticas de cultivo influenciam a composição e a qualidade das culturas alimentares para a produção de alimentos nutritivos e de alta qualidade.

5.8 Correlação entre atividade antioxidante e compostos fenólicos nas hortaliças.

Na Tabela 11, consta a análise de correlação entre a atividade antioxidante e o conteúdo de compostos fenólicos.

Tabela 11. Correlação entre atividade antioxidante e os conteúdos de compostos fenólicos totais, flavonoides totais, taninos e antocianinas em relação aos vegetais e tipos de cultivos.

Compostos Bioativos	Hortaliças	Tipos de cultivo	
		Convencional r^2	Orgânico r^2
Compostos Fenólicos Totais	Alface crespa	0,471	0,654*
	Alface americana	0,345	0,568*
	Alface roxa	0,412	0,614*
	Repolho verde	0,625*	0,718*
	Repolho roxo	0,519	0,652*
Flavonoides Totais	Alface crespa	0,745*	0,834*
	Alface americana	0,783*	0,801*
	Alface roxa	0,719*	0,833*
	Repolho verde	0,742*	0,781*
	Repolho roxo	0,774*	0,801*
Taninos	Alface crespa	0,387	0,676*
	Alface americana	0,463	0,534*
	Alface roxa	0,526*	0,598*
	Repolho verde	0,673*	0,758*
	Repolho roxo	0,419	0,699*
Antocianinas	Alface crespa	0,745*	0,763*
	Alface americana	0,789*	0,834*
	Alface roxa	0,789*	0,834*
	Repolho verde	0,752*	0,826*
	Repolho roxo	0,745*	0,763*

r^2 = Correlação: desprezível :0,0 a 0,3; fraca:0,4 a 0,5; moderada: 0,6 a 0,7; forte: 0,8 a 0,9 e muito forte > 0,9. (*) significância estatística ao nível de 5% $p < 0,05$. Fonte. Dados da pesquisa. Teresina-PI, 2017.

Pode-se observar que os compostos fenólicos totais, flavonoides totais, taninos e antocianinas apresentaram correlação positiva, com destaque para as hortaliças do sistema de cultivo orgânico (Tabela 11).

Com relação aos três tipos de alface de ambos os sistemas de cultivo, os compostos bioativos que apresentaram maior correlação com atividade antioxidante foram flavonoides totais e antocianinas, com correlação moderada a forte. Entretanto, para os compostos fenólicos totais e taninos, essa correlação foi estatisticamente significativa apenas para as amostras de alface do sistema de cultivo orgânico, com exceção dos taninos da alface roxa, variando de fraca a moderada.

Para os dois tipos de repolho provenientes dos dois sistemas de cultivos, destaca-se também os flavonoides totais e antocianinas, apresentando correlação moderada a forte para a atividade antioxidante, sendo estes compostos os que mais contribuíram para a elevada atividade antioxidante dessas hortaliças.

6 CONCLUSÕES

- O sistema de cultivo influenciou no aumento do conteúdo de cinzas, proteínas e carboidratos e diminuição do conteúdo de lipídios na maioria das hortaliças analisadas.
- O sistema de cultivo orgânico proporcionou o aumento no conteúdo de fenólicos totais, flavonoides, taninos condensados e antocianinas na maioria das hortaliças do estudo.
- A atividade antioxidante foi maior nas hortaliças do sistema de cultivo orgânico, com exceção para a alface americana e os compostos fenólicos que mais influenciaram para esta atividade foram os flavonoides totais e antocianinas.
- Com relação aos minerais houve influência do sistema de cultivo orgânico, destacando-se o aumento nos teores de Ca e K e uma diminuição nos de Na nas amostras de alface, com exceção da alface americana. Enquanto que para o repolho, houve aumento nos teores de Ca, Na, Mg, P e K, com exceção do repolho roxo que obteve uma diminuição de Ca e Zn e diminuição de K no repolho verde.

REFERÊNCIAS

- ABREU, I. M. O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, supl.1, p. 108-118, 2010.
- ALVES, A. C. O.; SANTOS, A. L. S.; AZEVEDO, R. M. M. C. Agricultura orgânica no Brasil: sua trajetória para a certificação compulsória. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 19-27, 2011.
- ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. I. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Revista Química Nova**, v. 33, n.10, p. 2202-2210. 2010.
- ANDRADE, C. M. W. **Pós-colheita de morangos produzidos no sistema de cultivo orgânico versus sistema convencional em repetidas avaliações**. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2013.
- ANDRADE, D. F. **Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, p 470, 2010.
- ANDRADE, L. M. S.; BERTOLDI, M. C. Atitudes e motivações em relação ao consumo de alimentos orgânicos em Belo Horizonte – MG. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 5, p. 31-40, 2012.
- ANDREO, D. JORGE, N. Antioxidantes naturais: técnicas de extração. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 319-336, 2006.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.
- AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 2005.
- ARAÚJO, D. F. S. **Concentrações de minerais e contaminantes físico-químicos (metais pesados e resíduos de agrotóxicos) em hortaliças convencionais e orgânicas**. 2012. 107f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, 2012.
- ARAÚJO, D. F. S.; PAIVA, M. S. D.; FILGUEIRA, J. M. Orgânicos: expansão de mercado e certificação. **Holos**, v. 3, p. 138-149, 2007.
- ARAÚJO, D. F. S.; SILVA, A. M. R. B.; LIMA, L. L. A.; VASCONCELOS, M. A. S.; ANDRADE, S. A. C.; SARUBBO, L. A. The concentration of minerals and physicochemical contaminants in conventional and organic vegetables. **Food Control**, v. 44, p. 242-248, 2014.

ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; CARVALHO, L. A. Segurança alimentar de hortaliças orgânicas: aspectos sanitários e nutricionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, Supl.1, p. 215-220, 2010a.

ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; DORNAS, M. F. A. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 501-506, 2010b.

AZADI, H.; HO, P. Genetically modified and organic crops in developing countries: A review of options for food security. **Biotechnology Advances**, v. 28, n. 1, p. 160–168, 2010.

BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. D. C. G.; DE PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.

BARRETT D. M.; WEAKLEY, C.; DIAZ, J. V.; WATNIK, M. Qualitative and nutritional differences in processing tomatoes grown under commercial organic and conventional production systems. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 9, p. C441-51, 2007.

BASTOS, D. H. M.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, n. 5, 2009.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 18, n.2, p. 67-79, 2011.

BLASA, M.; CANDIRACCI, M.; ACCORSI, A.; PIACENTINI, M. P.; ALBERTINI, M. C.; PIATTI, E. Raw *Millefiori* honey is packed full of antioxidants. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2, p. 217-222, 2006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 2, de 02 de janeiro de 2002**. Aprova o regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde. Brasília, DF: ANVISA, 2002.

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. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. **Cadeia Produtiva de Produtos Orgânicos**. Série Agronegócios. v. 5. Ministério da Agricultura, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Lei Federal n. 10.831 de dezembro de 2003. **Dispõe sobre Normas para a Produção de Produtos Orgânicos Vegetais e Animais**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 11, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução CNNPA nº 12 de 1978**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78.pdf>. Acessado em 29 de novembro de 2016.

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, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Vigitel Brasil 2014. **Saúde Suplementar: Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico** / Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BRECHT, J. K.; RITENOUR, M. A.; HAARD, N. F.; CHRISM, G. W. 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. 900p.

BURGOS, G.; AMOROS, W.; MUÑOZA, L.; SOSA, P.; CAYHUALLA, E.; SANCHEZ, C.; DÍAZ, C.; BONIERBALE, M. Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 30, n. 1, p. 6-12, 2013.

CARDOSO, P. C.; TOMAZINI, A. P. B.; STRINGHETA, P. C.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamin C and Carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. **Food Chemistry**, v. 126, n. 2, p. 411-416, 2011.

CARTEA, M. E.; FRANCISCO, M.; SOENGAS, P.; VELASCO, P. Phenolic Compounds in *Brassica* Vegetables. **Molecules**, v. 16, n. 1, p. 251-280, 2011.

CASTAÑEDA-OVANDO, A. I.; PACHECO-HERNÁNDEZ, M. L.; PÁEZ-HERNÁNDEZ, M. E.; RODRÍGUEZ, J. A.; GALÁN-VIDAL, C. A. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 859–871, 2009.

CASTRO NETO, N.; DENUZI, V. S. S.; RINALDI, R. N.; STADUTO, J. A. R. Produção orgânica: uma potencialidade estratégica para a agricultura familiar. **Revista Percursos- NEMO**, v. 2, n. 2, p. 73-95, 2010.

CHINNICI, G.; DÁMICO, M.; PECORINO, B. A multivariate statistical analysis on the consumers of organic products. **British Food Journal**, v. 104, n. 3, p. 187-199, 2002.

COPETTI, C. **Atividade antioxidante *in vitro* e compostos fenólicos em morangos (*Fragaria x ananassa* Duch): influência da cultivar, sistema de cultivo e período de colheita**. 2010. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

CROWE, F. L.; RODDAM, A. W.; KEY, T. J.; APPLEBY, P. N.; OVERVAD, K.; JAKOBSEN, M. U.; TJØNNELAND, A.; HANSEN, L.; BOEING, H.; WEIKERT, C.; LINSEISEN, J.; KAAKS, R.; TRICHOPOULOU, A.; MISIRLI, G.; LAGIOU, P.; SACERDOTE, C.; PALA, V.; PALLI, D.; TUMINO, R.; PANICO, S.; BUENO-DE-MESQUITA, H. B.; BOER, J.; VAN GILS, C. H.; BEULENS, J. W.; BARRICARTE, A.; RODRÍGUEZ, L.; LARRAÑAGA, N.; SÁNCHEZ, M. J.; TORMO, M. J.; BUCKLAND, G.; LUND, E.; HEDBLAD, B.; MELANDER, O.; JANSSON, J. H.; WENNBERG, P.; WAREHAM, N. J.; SLIMANI, N.; ROMIEU, I.; JENAB, M.; DANESH, J.; GALLO, V.; NORAT, T.; RIBOLI, E. Fruit and vegetable intake and mortality from ischaemic heart disease: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Heart study. **European Heart Journal**, v. 32, n. 10, p. 1235-1243, 2011.

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant Phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, v. 15, n. 10, p. 7313-7352, 2010.

DE BRUYNE, T.; PIETERS, L.; DEELSTRA, H.; VLIETINCK A. Condensed vegetable tannins: Biodiversity in structure and biological activities. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.27, p.445-449, 1999.

DENG, G.; LIN, X.; XU, X.; GAO, L.; XIE, J.; LI, H. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 1, p. 260-266, 2013.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável: Origens e Perspectivas de um Novo Paradigma**. São Paulo: Livros da Terra, p.178, 1996.

FALLER, A. L. K., FIALHO, E. Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 6, p. 561-568, 2010.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 43, n. 2, p. 211-8, 2009.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e.PDF>>. Acessado em 15 de julho de 2015.

FERREIRA, R. L. **Avaliação dos processos de secagem e de extração de compostos antioxidantes em farinha de resíduos de frutas e hortaliças**. 2015.

115p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2015.

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; KARKLE, E. N. L.; QUADROS, D. A.; TULLIO, L. T.; LIMA, J. J. Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 224-230, 2010a.

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A.; KARKLE, E. N. L.; LIMA, J. J.; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 858-864, 2010b.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ed. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2003. 409p.

FIGUEIREDO NETO, A.; OLIVEIRA, S. B.; LIMA, M. S.; AMORIM, M. R.; FIGUEIREDO, R. M. C. Efeito do composto orgânico nas características físico-químicas de cenoura “Brasília”. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.1, p.61-66, 2010.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J.; GOMES, L. A. A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S. R. G.; TEIXEIRA, C. M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 146-150, 2006.

GAWLIK-DZIKI, U. Changes in the antioxidant activities of vegetables as a consequence of interactions between active compounds. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n. 4, p. 872-882, 2012.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. **Biochemical Engineering Journal**, v. 14, n. 3, p. 217-225, 2003.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: characterization and measurement with UV visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: Wiley, 2001. p. 1-13.

GOSLING, P.; HODGE, A.; GOODLASS, G.; BENDING, G. D. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 113, n. 1-4, p. 17-35, 2006.

GRUDZIŃSKA, M.; CZERKO, Z.; ZARZYŃSKA, K.; BOROWSKAKOMENDA, M. Bioactive compounds in potato tubers: effects of farming system, cooking method, and flesh color. **PLoS ONE**, v. 11, n. 5, 2016.

HALLMANN, E.; REMBIAŁKOWSKA, E. Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, n. 12, p. 2409-2415, 2012.

HEIMLER, D.; VIGNOLINI, P.; ARFAIOLI, P.; ISOLANIA, L.; ROMANI, A. Conventional, organic and biodynamic farming: differences in polyphenol content and antioxidant activity of Batavia lettuce. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 3, p.551-556, 2012.

HOLLMAN, P. C. H.; KATAN, M. B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, n. 9–10, p. 937–942, 1999.

HORWITZ, W.; LATIMER JR., G. (Eds.) **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. Cap. 50, methods 985.35 e 984.27, p.15-18. Current Through Revision 1, 2006.

HUBER, L. S.; HOFFMANN-RIBANI, R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones. **Food Chemistry**, v. 113, n.4, p. 1278–1282, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (BR). **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: avaliação nutricional da disponibilidade domiciliar de alimentos no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

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.

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolics phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, p. 321 – 326, 2003.

KONG, J. M.; CHIA, L. S.; GOH, N. K.; CHIA, T. F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, v. 64, n. 5, p. 923–933, 2003.

KONRDÖRFER, K.; WEIZENMANN, M.; KREUTZ, D. H.; MACIEL, M. J.; FERNANDA, C.; SOUZA, V.; LEHN, D. N. Quantificação de minerais, nitratos e nitritos em hortaliças orgânicas e convencionais. **Revista CIATEC-UPF**, v.6, n. 2, p. 31-39, 2014.

KORNDÖRFER, K.; MACIEL, M. J.; SOUZA, C. F. V. Determinação de minerais em hortaliças orgânicas e convencionais cultivadas no Vale do Taquari, RS. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 9, n. 1, p. 1637-1646, 2015.

KRUGER, M. J.; DAVIES, N.; MYBURGH, K. H.; LECOUR, S. Proanthocyanidins, anthocyanins and cardiovascular diseases. **Food Research International**, v. 59, p. 41–52, 2014.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; GARCÍA-PARILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M.; FETT, R. Atividade antioxidante de pigmentos antocianicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n. 4, p. 691-693, 2004.

KUSZNIEREWICZ, B.; ŚMIECHOWSKA, A.; BARTOSZEK, A.; NAMIEŚNIK, J. The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. **Food Chemistry**, v.108, n. 3, p. 853–861, 2008.

LEE, S.J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum*) and thyme leaves (*Thymes vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 91, p. 131-137, 2005.

LEONG, S. Y.; OEY, I. Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v.133, n. 4, p. 1577–1587, 2012.

LLORACH, R.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GIL, M. I.; FERRERES, F. Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. **Food Chemistry**, v. 108, n. 3, p. 1028–1038, 2008.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.13, n.3, p. 291-297, 2007.

LÓPEZ, A.; FENOLL, J.; HELLÍN, P.; FLORES, P. Physical characteristics and mineral composition of two pepper cultivars under organic, conventional and soilless cultivation. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 259-266, 2013.

LÓPEZ, O. P.; JIMÉNEZ, A. R.; VARGAS, F. D. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability. **Critical Reviews Food Science Nutrition**, v.40, n.3, p.173-289, 2000.

MACHADO, H.; NAGEM, T. J.; PETERS, V. M.; FONSECA, C. S.; OLIVEIRA, T. T. Flavonoides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, v. 27, p. 33-39, 2008.

MACHADO, T. M. **Antioxidantes em pós-colheita de *Brassica oleracea* var. *Italica* cultivada em sistema orgânico e convencional submetidos a tratamentos de sanitização e enzimas oxidativas em diferentes variedades de *Chicorium intybus* L.** 2012. 114f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, 2012.

MACHADO, W. M.; PEREIRA, A. D.; MARCON, M. V. Efeito do processamento e armazenamento em compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças **Publicatio UEPG**, v. 19, n. 1, p. 17-30, 2013.

MADEIRA, N. R.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; GIORDANO, L. B. Contribuição portuguesa à produção e ao consumo de hortaliças no Brasil: uma revisão histórica. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 428-432, 2008.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **Boletim do CEPPA**, Paraná, v. 24, n. 1, p. 59-82, 2006.

MANCHALIA, S.; MURTHY, K. N. C.; PATILB, B. S. Crucial facts about health benefits of popular cruciferous vegetables. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n. 1, p. 94–106, 2012.

MAZZA, G.; MINIATI, E. **Anthocyanins in Fruits, Vegetables, and Grains**. London: CRC Press, 1993, 362 p.

MELLO, J. P. C.; SANTOS, S. C. **Farmacognosia: da Planta ao Medicamento**. 3ed. Porto Alegre: UFSC, 2001.

MELO, C. M. T.; FARIA, J. V. Composição centesimal, compostos fenólicos e atividade antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 93-100, 2014.

MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.9, n.2, p. 89-94, 2006.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A. C. S.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 639-644, 2006.

MIE, A.; LAURSEN, K. H.; ÅBERG, K. M.; FORSHED, J.; LINDAHL, A.; THORUP-KRISTENSEN, K.; OLSSON, M.; KNUTHSEN, P.; LARSEN, E. H.; HUSTED, S. Discrimination of conventional and organic white cabbage from a long-term field trial study using untargeted LC-MS-based metabolomics. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 406, n. 12, p. 2885–2897, 2014.

MITCHELL, A. E.; HONG, Y. J.; KOH, E.; BARRETT, D. M.; BRYANT, D. E.; DENISON, R. F.; KAFFKA, S. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 15, p. 6154–6159, 2007.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. L. P.; ARAÚJO, E. L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

MOOZ, E. D.; SILVA, M. V. Organic food in the national and international scenarios. **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 39, n. 1, p. 99-112, 2014

NEGRÃO, L. D.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; SOUSA, P. V. L. Teores de fenólicos totais e atividade antioxidante da alface (*Lactuca sativa* L.) de diferentes sistemas e cultivo. In: 13º Congresso Nacional da SBAN. 2015. São Paulo, **Anais...São Paulo: Nutrire**, Supl 40, 2015.

NETO, N. C.; DENUZI, V. S. S.; RINALDI, R. N.; STADUTO, J. A. R. Produção orgânica: uma potencialidade estratégica para a agricultura familiar. **Revista Percorso- NEMO**, v. 2, n. 2, p. 73-95, 2010.

NIJVELDT, R. J.; VAN NOOD, E.; VAN HOORN, D. E.; BOELEN, P. G.; VAN NORREN K.; VAN LEEUWEN, P. A. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 74, n. 4, p. 418-425, 2001.

NORBERTO, S.; SILVA, S.; MEIRELES, M.; FARIA, A.; PINTADO, M., CALHAU, C. Blueberry anthocyanins in health promotion: A metabolic overview. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1518-1528, 2013.

OLIVEIRA, A. B. **Metabolismo antioxidante e qualidade durante a maturação de frutos tropicais produzidos pelos sistemas de produção orgânico e convencional**. 2012. 117 f. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Fortaleza, 2012.

OHSE, S.; RAMOS, D. M. R.; CARVALHO, S. M.; FETT, R.; OLIVEIRA, J. L. B. Composição centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 407-414, 2009.

PASCUAL-TERESA, S.; MORENO, D. A.; GARCIA-VIGUERA, C. Flavanols and anthocyanins in cardiovascular health: a review of current evidence. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, n. 4, p. 1679-1703, 2010.

PELLEGRINI, N.; COLOMBI, B.; SALVATORE, S.; BRENNAN, O. V.; GALAVERNA, G.; DEL RIO D.; BIANCHI, M.; BENNETT, R. N.; BRIGHENTI, F. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 1 p. 103–111, 2007.

PEREIRA, E. M.; LEITE, D. D. F.; FIDELIS, V. R. L.; PORTO, R. M.; OLIVEIRA, M. I. V.; MAGALHAES, W. B. Caracterização físico-química de hortaliças tipo folha comercializadas no Brejo Paraibano. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, p. 19-22, 2016.

PEREIRA, V. S. **Caracterização físico-química, carotenoides totais e elementotrazo em cenoura (*Daucus carota* L.) e tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico e convencional**. 2014. 119p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

PODSEDEK, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, p. 1-11, 2007.

PODSEDEK, A.; SOSNOWSKA, D.; REDZYNIA, M.; ANDERS, B. Antioxidant capacity and content of *Brassica oleracea* dietary antioxidants. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 49-58, 2006.

POMPEU, D. R. **Adsorção de Três Famílias de Compostos Fenólicos em Resinas Sintéticas Macroporosas**. 2007. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pará, 2007.

PRICE, M. L.; SCOYOC, S. V.; BUTLER, L. G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 26, p. 1214 – 1218, 1978.

REMBIAKOWSKA, E. Quality of plant products from organic agriculture. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 2757-2762, 2007.

RIBEIRO, L. R.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, S. O.; BORGES, A. L. Avaliação de cultivares de bananeira em sistema de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 508-517, 2013.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.

ROBARDS, K.; PRENZLER, P. D.; TUCKER, G.; SWATSITANG, P.; GLOVER, W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruit. **Food Chemistry**, v. 66, n. 4, p. 401–436, 1999.

ROCHA, S. A. **Características bioquímicas em cascas, folhas e talos de vegetais pós-colheita em sistema de produção convencional e orgânico**. 2006. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2006.

ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUZA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p.53-60, 2007.

ROSSETO, M. R. M.; VIANELL, F.; ROCHA, S. A.; LIMA, G. P. P. Antioxidant substances and pesticide in parts of beet organic and conventional manure. **African Journal of Plant Science**, v. 3, n 11, p. 245-253, 2009.

ROUPHAEL, Y.; FRANKENB, P.; SCHNEIDER, C.; SCHWARZ, D.; GIOVANNETTI, M.; AGNOLUCCI, M.; DE PASCALEA, S.; BONINIF, P.; COLLA, G. Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 91-108, 2015.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; PÉREX-JIMÉNEZ, J.; SAURA CALIXTO, F.; BRITO, E. S.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.2, p.187-194, 2012.

SALAMA, Z. A.; EL BAZ, F. K.; GAAFAR, A. A.; ZAKI, M. F. Antioxidant activities of phenolics, flavonoids and vitamin C in two cultivars of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) in responses to organic and bio-organic fertilizers. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 14, n. 1, p. 91-99, 2015.

ŠAMEC, D.; BOGOVIĆ, M.; VINCEK, D.; MARTINČIĆ, J.; SALOPEK-SONDI, B. Assessing the authenticity of the white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) cv. 'Varaždinski' by molecular and phytochemical markers. **Food Research International**, v. 60, p. 266-272, 2014.

SANTOS, J. O.; SANTOS, R. M. S.; BORGES, M. G. B.; FERREIRA, R. T. F. V.; SALGADO, A. B.; SEGUNDO, O. A. S. A evolução da agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v.6, n.1, p. 35-41, 2012.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em Alimentos Protéicos: Propriedades - Degradações - Modificações**. São Paulo: Varela, 1996.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 242-245. 2011.

SINGLETON, V. I.; ROSSI, J. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid agents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144–158, 1965.

SLAVIN, J. L.; LLOYD, B. Health benefits of fruits and vegetables. **Advance in Nutrition**, v. 3, p. 506–516, 2012.

SOFO, A.; LUNDEGÅRDH, B.; MÅRTENSSON, A.; MANFRA, M.; PEPE, G.; SOMMELLA, E.; NISCO, M.; TENORE, G. C.; CAMPIGLIA, P.; SCOPA, A. Different agronomic and fertilization systems affect polyphenolic profile, antioxidant capacity and mineral composition of lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 204, p. 106–115, 2016.

SOUSA, A. A.; AZEVEDO, E.; LIMA, E. E.; SILVA, A. P. F. Alimentos orgânicos e saúde humana: estudo sobre as controvérsias. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 31, n. 6, p. 513–517, 2012.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR., G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUSA, C.; VALENTÃO, P.; RANGEL, J.; LOPES, G.; PEREIRA, J. A.; FERRERES, F.; SEABRA, R.M.; ANDRADE, P.B. Influence de two fertilization regiments on the amounts of organic acids and phenolic compounds of tronchuda cabbage (*Brassica oleracea* L. Var. *costata* DC). **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 53, p. 9128 - 9132, 2005.

SOUZA, A. L. G. **Efeitos dos sistemas de produção orgânico e convencional na qualidade nutricional de alface dos grupos lisa, crespa e americana.** 2012. 86f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2012.

STERTZ, S. C. **Qualidade de hortícolas convencionais, orgânicas e hidropônicas na região metropolitana de Curitiba, Paraná.** 2004. 287f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, 2004.

STERTZ, S. C.; FREITAS, R. J. S.; ROSA, M. I. S.; PENTEADO, P. T. P. S. Qualidade nutricional e contaminantes de alface (*Lactuca sativa* L.) convencional, orgânica e hidropônica. **Visão Acadêmica**, v.6, n.1, p. 51-59, 2005.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of prumus domestica. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.10, p.63-68, 1959.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** 4ed. Revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011.

TIVERON, A. P. **Atividade antioxidante e composição fenólica de legumes e verduras consumidas no Brasil.** 2010. 102 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010.

VALKO, M.; IZAKOVIC, M.; MAZUR, M.; RHODES, C. J.; TELSER, J. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **Journal Molecular and Cellular Biochemistry**, n. 1-2, v. 266, p. 37-56, 2004.

VALLS, J.; MILLÁN, S.; MARTÍ, M. P.; BORRÁS, E.; AROLA, L. Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, n. 43, p. 7143-7172, 2009.

VIEIRA, D. A. P.; CARDOSO, K. C. R., DOURADO, K. K. F.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M. S. Qualidade física e química de mini-tomates *Sweet Grape* produzidos em cultivo orgânico e convencional. **Revista Verde**, v 9, n. 3, p. 100 -108, 2014.

WANG, S. Y.; CHEN, C. T.; SCJARAPPA, W.; WANG, C. Y.; CAMP, M. J. Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 14, p. 5788-5794, 2008.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of Foods:** raw, processed, prepared. Washington DC: Consumer and Food Economics Research, 1963. (Agriculture Handbook, 8).

WHO. World Health Organization. **Fruit and Vegetable Promotion Initiative: a Meeting Report.** WHO; 2003.

WHO. World Health Organization. **Global status report on noncommunicable diseases 2010.** Geneva: WHO; 2011.

WICZKOWSKI, W.; TOPOLSKA, J.; HONKE, J. Anthocyanins profile and antioxidant capacity of red cabbages are influenced by genotype and vegetation period. **Journal of Functional Foods**, v. 7, p. 201-211, 2014.

WINTER, C. K.; DAVIS, S. F. Organic foods. **Journal of Food Science**, v. 71, p. 117-124, 2006.

WORTHINGTON, V. Nutritional Quality of Organic Versus Conventional Fruits, Vegetables, and Grains. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 7, n. 2, p. 161–173, 2001.

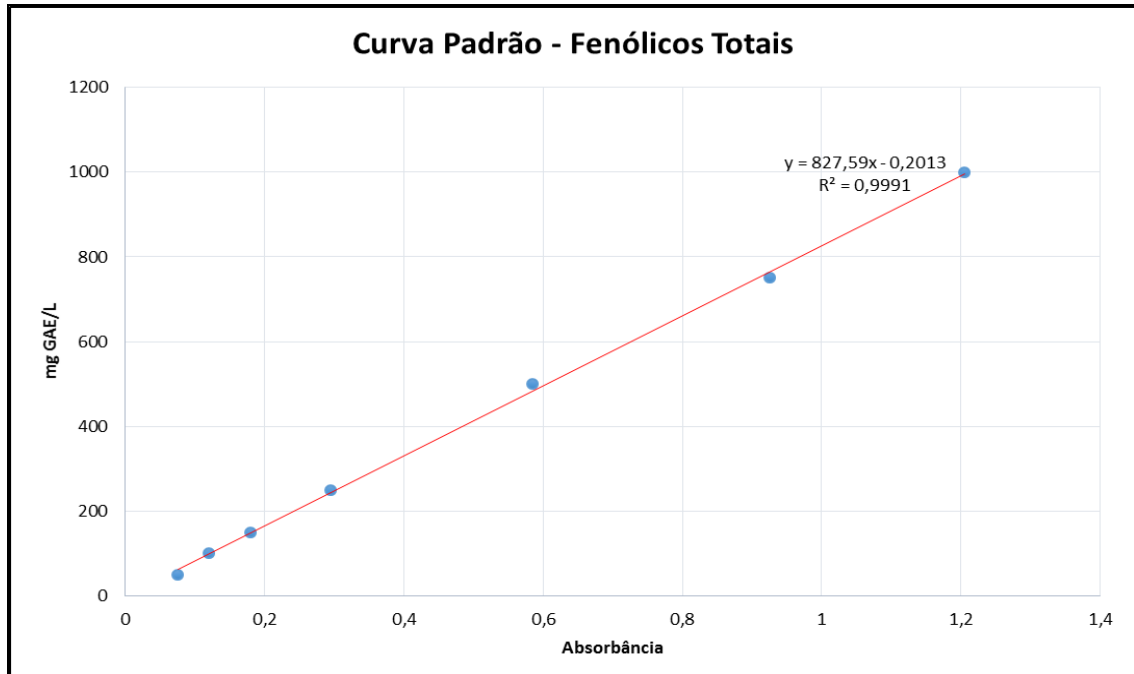
WU, X.; BEECHER, G. R.; HOLDEN, J. M.; HAYTOWITZ, D. B.; GEBHARDT, S. F.; PRIOR, R. L. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 11, p. 4069-4075, 2006.

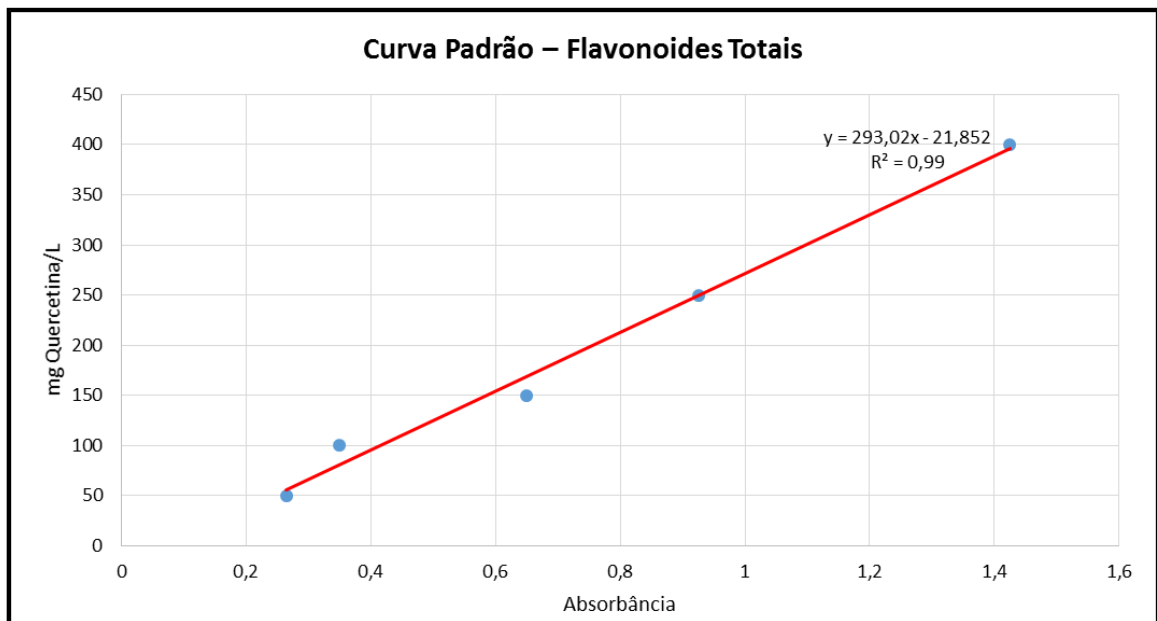
YAGUIU, P. **Qualidade de Hortaliças e Sustentabilidade de Sistemas Orgânicos em Sergipe**. 2008. 99p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, 2008.

YILMAZ, V. A.; BRANDOLINI, A.; HIDALGO, A. Phenolic acids and antioxidant activity of wild, feral and domesticated diploid wheats. **Journal of Cereal Science**, v. 64, p. 168-175, 2015.

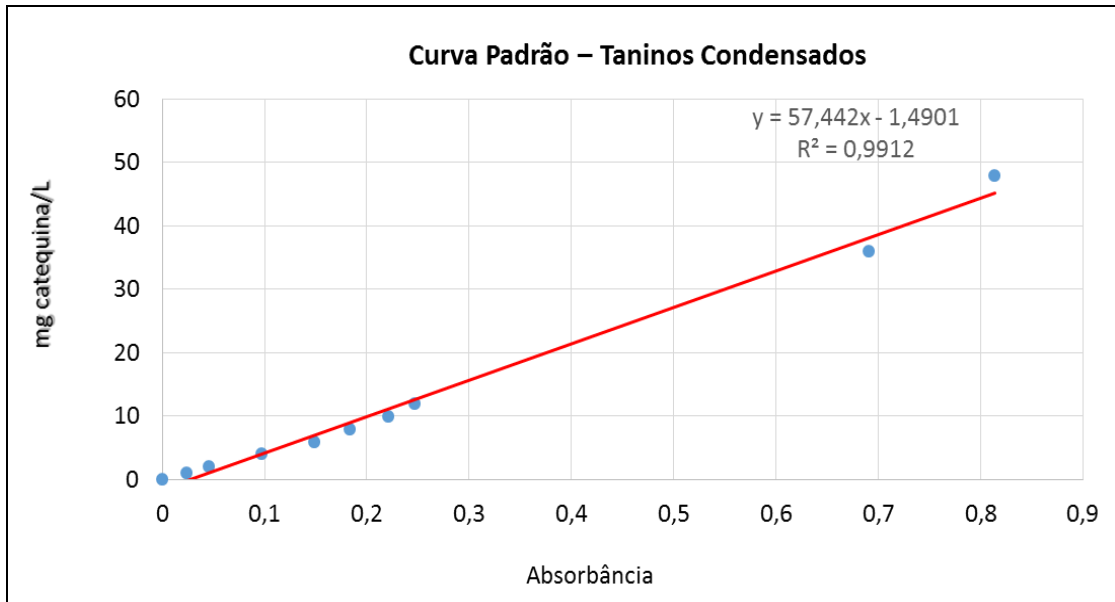
APÊNDICES

APÊNDICE 1: Curva padrão de ácido gálico para determinação dos compostos fenólicos totais.



APÊNDICE 2: Curva padrão de quercetina para determinação de flavonoides totais.

APÊNDICE 3: Curva padrão de catequina para determinação dos taninos condensados.



APÊNDICE 4: Curva padrão de Trolox utilizada na análise da capacidade antioxidante pelo método DPPH.

