



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO –
PPGAN

**CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS E FUNCIONAIS DE FRUTAS
CULTIVADAS NO SISTEMA CONVENCIONAL E ORGÂNICO**

Teresina – PI, 2016

ANA MARIA BARRADAS

**CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS E FUNCIONAIS DE FRUTAS
CULTIVADAS NO SISTEMA CONVENCIONAL E ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí-UFPI,
como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.
Área: Qualidade de Alimentos,

Orientadora: Prof^a Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo.

Colaboradores:

Dr^a Amanda de Castro A. S. Brandão (Pós-Doutoranda-PPGAN)
MSc. Marcos Antônio de Mota Araújo (FMS – Teresina – PI).

Teresina – PI, 2016

ANA MARIA BARRADAS

**CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS E FUNCIONAIS DE FRUTAS
CULTIVADAS NO SISTEMA CONVENCIONAL E ORGÂNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí-UFPI,
como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.
Área: Qualidade de Alimentos,

Orientadora: Prof^a Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Robson Alves da Silva (Instituto Federal do Piauí – IFPI)
(1^o Examinador)

Dr^a Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão (PPGAN/ UFPI)
(2^a Examinadora)

Dedico aos meus pais, irmãos e sobrinhos.

Vocês são a luz da minha vida.

“O pensamento cria, o desejo atrai e a fé realiza.”

AGRADECIMENTOS

- ✓ A Deus, pelo dom da vida e saúde, por ter me dado forças e por ter colocado em meu caminho pessoas magníficas sem as quais não teria alcançado tão grandiosa vitória.
- ✓ A toda minha família. Meus pais, Miguel (*in memorian*) e Lourdes pelo amor, por todos os valores que me concederam e por serem meus alicerces. Aos meus queridos irmãos José Luiz, Alberto, Cristina e Tereza, por estarem sempre ao meu lado. Aos meus sobrinhos Dudu, Julinha, Maria, Miguel e Davi pela ternura, pureza e por tornarem os meus dias mais leves. Ao meu avô Raimundo Alencar pelo exemplo de vida e caráter incomparável. Amo a todos, vocês são o bem mais precioso que tenho.
- ✓ À minha orientadora Prof^a Regilda Saraiva pela generosidade, confiança e pela forma como conduziu todo o trabalho ao longo desses dois anos. Uma pessoa espirituosa e sensata, nunca mediu esforços para oferecer o melhor a todos os alunos e orientandos. Seus ensinamentos vão muito além da partilha do conhecimento científico, são para a vida. Sempre mostrando que todos somos igualmente capazes. Para mim foi uma honra imensa ter sido sua orientanda.
- ✓ À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro.
- ✓ À Universidade Federal do Piauí, que através do renomado Programa de Pós- Graduação em Alimentos e Nutrição, concretizou o sonho de ser Mestre.
- ✓ A todos os professores do Departamento de Nutrição e PPGAN pela grande contribuição que deram à minha vida acadêmica e profissional.
- ✓ Ao Prof. Marcos Antônio Mota Araújo pela disponibilidade e grande colaboração na análise estatística da pesquisa.
- ✓ À minha amiga e colaboradora Amanda Castro pela amizade, apoio e por ter sido meu grande suporte nesta jornada.
- ✓ Ao Prof. Dr. Robson pela valiosa contribuição, disponibilidade e por ser um grande exemplo pra mim.

- ✓ Aos meus amigos de Turma do Mestrado PPGAN 2014.16 pelo companheirismo incondicional. Especialmente à Aretha, Simone, Jefferson, Maria, Ágatha e Diego. A amizade de vocês também foi uma conquista grandiosa.
- ✓ A toda a equipe do Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos pelo préstimo e pelos conhecimentos repassados.
- ✓ A todos os funcionários do Departamento de Nutrição, especialmente à D. Maísa e à secretária do PPGAN Luana, pelas conversas descontraídas, palavras de incentivo, sempre regadas com um bom cafezinho.

Enfim, a todos que contribuíram direta e indiretamente para que esta grande vitória fosse alcançada, a minha sincera e eterna gratidão.

Muito obrigada.

RESUMO

BARRADAS, A. M. **Características nutritivas e funcionais de frutas cultivadas no sistema convencional e orgânico.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI, 2016.

A qualidade das frutas pode ser facilmente influenciada pelo local onde são produzidas, pelos tratamentos culturais e pelo tipo de manejo. As características nutritivas e funcionais podem ser alteradas de acordo com as condições edafoclimáticas, influenciando na composição química, especialmente na produção de ácidos, açúcares e compostos fenólicos. Objetivou-se avaliar as características nutritivas e funcionais de frutas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. As frutas em estudo foram banana (*Musa AAB*), mamão (*Carica Papaya L.*) e maçã (*Malus domestica Bork*) adquiridos no comércio varejista de Teresina. Determinou-se pH, ATT (acidez total titulável) e SST (sólidos solúveis totais), composição centesimal, teores de compostos fenólicos totais, antocianinas, flavonoides, carotenoides totais e atividade antioxidante. Para análise dos dados, foi criado um banco no Programa *Statistical Package for the Social Sciences- SPSS*, foi aplicado o teste *t de Student* e correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de 5 % ($p \leq 0,05$) para todos os testes. Em relação ao teor de proteínas, a banana convencional apresentou maiores teores ($1,46 \pm 0,01\%$). A banana orgânica apresentou uma maior acidez total titulável (ATT) ($0,611 \pm 7,40\%$) e o maior pH foi verificado na banana convencional ($4,48 \pm 0,13$). O teor de compostos fenólicos foi maior para banana e maçã (com e sem casca) cultivados sob o sistema orgânico ($45,80 \pm 2,55$; $45,29 \pm 2,45$ e $32,12 \pm 0,00$ mg GAE/100g, respectivamente). O teor de flavonoides totais foi maior para os frutos cultivados sob o sistema orgânico para o mamão e maçã (com e sem casca) ($38,50 \pm 3,56$; $41,78 \pm 1,18$; $29,71 \pm 3,55$ mg/100g, respectivamente). A concentração de antocianinas verificada na banana orgânica foi de $0,000461 \pm 0,0001$ mg/100g. Quantidade superior à banana convencional ($0,000259 \pm 0,0002$ mg/100g). O teor de taninos na banana orgânica foi significativamente menor ($p \leq 0,05$) ao da banana convencional. Em relação aos carotenoides totais, constatou-se um aumento significativo ($p \leq 0,05$) nos teores no mamão (1116,99 mg/kg), e maçã com casca (384,48 mg/kg) e sem casca (166,05 mg/kg), cultivados no sistema orgânico. O mamão produzido no sistema orgânico apresentou maiores teores de licopeno ($100,0 \pm 0,00$ µg/100mL), com diferença estatisticamente significativa. Em relação ao β-caroteno também foi observada quantidades elevadas do referido composto para o mamão e maçã (sem casca) cultivados organicamente. Todos os frutos orgânicos em análise apresentaram elevada atividade antioxidante em relação ao convencional. Para a banana de ambos os cultivos, os compostos bioativos que apresentaram maior correlação com a atividade antioxidante foram os fenólicos totais e flavonoides totais, com correlação moderada. Quanto às frutas mamão, maçã com casca e maçã sem casca orgânicos, destacaram-se os compostos bioativos, carotenoides totais e o β-caroteno, com forte correlação para a atividade antioxidante. Concluiu-se que existe diferença em relação à qualidade nutritiva e funcional dos frutos orgânicos e convencionais, apontando para um maior conteúdo, principalmente no que se refere aos compostos bioativos e atividade antioxidante, em frutos cultivados sob o sistema orgânico.

Palavras – chave: Alimentos orgânicos, compostos bioativos, atividade antioxidante

ABSTRACT

BARRADAS, A. M. **Nutritional and functional characteristics of fruit grown in conventional and organic system.** MSc Dissertation- Graduate Program in Food and Nutrition, Federal University of Piauí, Teresina, PI, 2016.

Fruit quality can be easily influenced by where this fruit is produced by cultivation and the type of management. Nutritional and functional characteristics may change according to soil and climatic conditions, influencing the chemical composition, especially in the production of acids, sugars and phenolic compounds. This study aimed to evaluate the nutritional and functional characteristics of fruits produced in conventional farming systems organic. The fruits studied were banana (*Musa AAB*), papaya (*Carica Papaya* L.) and apple (*Malus domestica* Bork) purchased in retail Teresina. It was determined by the pH, ATT (titratable total acidity) e SST (total soluble solids), proximal composition, total phenolic compounds, anthocyanins and flavonoids, carotenoids and antioxidant activity. For data analysis, it created a database using the Statistical Package for the Social Sciences- *SPSS*, applied the Student t test and Pearson's correlation. The level of significance was 5% ($p \leq 0,05$) for all tests. Regarding the protein content, the conventional banana had higher contents ($1.46 \pm 0.01\%$). The organic banana had a higher total titratable acidity (ATT) ($0.611 \pm 7.40\%$) and the highest pH was verified in conventional banana (4.48 ± 0.13). The content of phenolic compounds was higher for banana and apple (with and without shell) grown on organic system (45.80 ± 2.55 , 45.29 ± 2.45 and 32.12 ± 0.00 mg GAE / 100g, respectively). The total flavonoid content was higher in fruits grown under the organic system for papaya and apple with and without bark (38.50 ± 3.56 , 41.78 ± 1.18 , 29.71 ± 3.55 mg / 100g, respectively). The concentration of anthocyanins checked in organic banana was 0.0001 ± 0.000461 mg / 100g. quantity exceeding the conventional banana (0.000259 ± 0.0002 mg / 100g). The tannin content in organic banana was significantly lower than the conventional banana. In relation to the total carotenoid found a significant ($p \leq 0,05$) superiority for papaya (1116.99 mg / kg) and apple with peel (384.48 mg / kg) and unshelled ($166,05$ mg / kg), grown in the organic system. Papaya presented lycopene levels significantly ($p < 0,05$) higher for organic fruit (100.0 ± 0.00 mg / 100 ml) for the β -carotene was also observed high amounts of said compound for the papaya and apple shelled organically grown. All organic fruit in analysis showed higher antioxidant activity compared to conventional. For the banana of both cultures, the bioactive compounds that presented the highest correlation with the antioxidant activity were the total phenolics and total flavonoids, with moderate correlation. The bioactive compounds, total carotenoids and β -carotene, with a strong correlation for the antioxidant activity, were the most important for the banana of both crops, the bioactive compounds that presented Higher correlation with antioxidant activity were total phenolics and total flavonoids, with moderate correlation. Regarding the fruits papaya, apple with organic peel and apple, the bioactive compounds, total carotenoids and β -carotene, with strong correlation for the antioxidant activity, were highlighted. It was concluded that there is a difference in relation to the nutritional and functional quality of organic and conventional fruits, pointing higher content, especially with regard to the bioactive compounds and antioxidant activity, to a fruit cultivated under the organic system.

Keywords: Organic food, bioactive compounds, antioxidant activity

LISTA DE TABELAS

Págs.

1. Equivalente grama dos ácidos orgânicos	37
2. Acidez total titulável (ATT) e acidez em ácido orgânico (cítrico e málico) das frutas estudadas.	45
3. Características físicas de frutas cultivadas sob a forma convencional e orgânica.	46
4. Composição centesimal e valor energético de frutas cultivadas sob a forma convencional e orgânica.	48
5. Teores de Licopeno e β -caroteno em frutas cultivados sob a forma convencional e orgânica.	49
6. Teores de Licopeno e β -caroteno em frutas cultivados sob a forma convencional e orgânica.	52
7. Atividade antioxidante de frutos cultivados sob a forma convencional e orgânica.	53
8. Correlação entre atividade antioxidante e o conteúdo de compostos bioativos em relação às frutas e tipos de cultivos.	56

LISTA DE FIGURAS

Págs.

1. Sítio São Francisco – Graraciaba do Norte/ CE	17
2. Estrutura do ácido fênico ou fenol comum	22
3. Estrutura química das antocianinas	23
4. Estrutura das Proantocianidinas	25
5. Estrutura química dos flavonoides	26
6. Estrutura química do licopeno	29
7. Estrutura química do β -caroteno	29
8. Banana Orgânica e Convencional	44
9. Mamão Orgânica e Convencional	44
10. Maçã Orgânica e Convencional	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AA	Ácido Ascórbico
ATT	Acidez Total Titulável
DHA	Dehydroascorbic Acid
DPPH	Diphenil-1-Picrylhydrazyl
FRAP	Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter
SISORG	Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TEAC	Trolox® Equivalence Antioxidant Capacity
UFPI	Universidade Federal do Piauí
USDA	United States Department of Agriculture
VET	Valor Energético Total

SUMÁRIO

Págs

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. História da Agricultura Orgânica:	14
2.2. Sistema de Produção Convencional e Orgânico	15
2.3. Alimentos produzidos pelo sistema convencional e orgânico	18
2.4. Compostos bioativos	19
2.4.1. Fenólicos totais	21
2.4.2. Antocianinas	23
2.4.3. Proantocianidinas (Taninos Condensados)	25
2.4.4. Flavonoides	26
2.4.5. Carotenoides	27
2.4.5.1. Licopeno	28
2.4.5.2. <i>β</i> -Caroteno	29
2.4.6. Vitamina C	30
2.5. Atividade antioxidante	31
3. OBJETIVOS	34
3.1. Geral	34
3.2. Específicos	34
4. METODOLOGIA	35
4.1. Local de obtenção dos frutos	35
4.2. Matérias – primas	35
4.3. Local e período de estudo	35
4.4. Preparo das amostras	35
4.5. Métodos analíticos	36

4.5.1. Composição centesimal	36
4.5.1.1. Umidade	36
4.5.1.2. Cinzas	36
4.5.1.3. Lipídios	37
4.5.1.4. Proteínas	37
4.5.1.5. Carboidratos	38
4.5.1.6. Valor Energético Total (VET)	38
4.5.2. Análises físico-químicas	38
4.5.3. Compostos Bioativos	39
4.5.4. Atividade antioxidante pelo método DPPH	43
4.6. Análise estatística	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6. CONCLUSÕES	56
REFERÊNCIAS	57
APÊNDICE	66

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos saudáveis deve-se ao aumento do conhecimento do consumidor em relação aos benefícios do consumo de frutas e hortaliças para a saúde e da importância da preservação das condições ambientais. Assim, tem aumentado também a demanda por produtos de qualidade obtidos por técnicas agrícolas sustentáveis (OLIVEIRA, 2012).

Publicações científicas nacionais, notadamente o acervo dos últimos vinte anos, permitiram identificar tendências de evolução no padrão de consumo alimentar, bem como mudanças nos sistemas de produção agroalimentares (MOOZ e SILVA, 2014).

Dessa forma a procura por alimentos orgânicos se deve à grande preocupação com a saúde dos consumidores devido à possibilidade de resíduos de defensivos agrícolas, já que as principais frutas e hortaliças são consumidas *in natura* (NASCIMENTO et al., 2012)

Segundo Souza (2003), a busca por alimentos provenientes de sistemas de produção mais sustentáveis, como os métodos orgânicos de produção, é uma tendência que vem se fortalecendo e se consolidando mundialmente.

O sistema orgânico de produção agropecuária adota técnicas específicas com a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos, respeitando a integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos em qualquer fase de produção (BRASIL, 2003).

De acordo com Santos et al., (2012), com a agricultura orgânica é possível produzir alimentos de boa qualidade e também contribuir para a preservação do meio ambiente, respeitando a biodiversidade e as atividades biológicas do solo.

O decréscimo de nutrientes, especialmente de micronutrientes, em muitos alimentos estão associados aos métodos de produção convencional com o uso intensivo de agroquímicos e fertilizantes (MOOZ e SILVA, 2014).

Poucos trabalhos são conduzidos visando verificar a influência do tipo de cultivo na ação antioxidante desses alimentos. O que se pode verificar nesses estudos é que os alimentos produzidos organicamente têm tendência a possuírem

menor teor de nitrato, maior teor de vitamina C e matéria seca, bem como maior teor de compostos com ação antioxidante, tais como flavonoides e carotenoides. Assim, em relação aos atributos de qualidade dos alimentos orgânicos, os resultados ainda são pouco conclusivos (ARBOS et al., 2010).

Estudos feitos por Dangour et al. (2010), apontam uma tendência dos alimentos orgânicos apresentarem maior quantidade de nutrientes, quando comparados aos convencionais.

Assim, de acordo com exposto sobre os alimentos produzidos sob o sistema orgânico de produção, pode-se afirmar que existe uma forte tendência de fortalecimento desse tipo de cultivo. E, portanto, realizou-se o presente estudo visando verificar as características nutritivas, funcionais e atividade antioxidante de frutas cultivadas no sistema convencional e orgânico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História da Agricultura Orgânica:

A produção de orgânicos surgiu a partir de movimentos do final do século XIX que se contrapuseram aos sistemas tradicionais de produção de alimentos, em virtude, principalmente, dos danos ambientais, que deram início a uma corrente para uma alimentação saudável e uma melhor qualidade de vida (CASTRO NETO, 2010).

Na década de 70, começaram a surgir no comércio da Europa os primeiros produtos orgânicos. O movimento se solidificou no final da década de 80, tendo seu maior crescimento em meados dos anos 90, com o programa instituído pelo *Council Regulation* da CEE, no documento 2092/91, de 24 de junho de 1991, que estabeleceu as normas e os padrões de produção, processamento, comercialização e importação de produtos orgânicos de origem vegetal e animal nos seus estados membros (ORMOND et al., 2002).

No Brasil, o movimento alternativo começou a se manifestar durante a década de 1970, quando se disseminou no país o processo de “modernização da agricultura”. Alguns pesquisadores passavam a questionar no meio acadêmico os impactos ambientais produzidos 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. (CASTRO NETO, 2010).

No Brasil, a produção orgânica estava diretamente relacionada com movimentos filosóficos que buscavam o retorno do contato com a terra como forma alternativa de vida em contraposição aos preceitos consumistas da sociedade moderna. A recusa de uso do pacote tecnológico da chamada agricultura moderna, intensivo em insumos sintéticos e agroquímicos e vigorosa movimentação de solo, acrescenta a vertente ecológica ao movimento. A comercialização dos produtos obtidos era feita de forma direta, do produtor ao consumidor (ORMOND et al., 2002).

2.2 Sistema de Produção Convencional e Orgânico

A agricultura baseada na ideologia da revolução verde procura contribuir com o aumento da produção e da produtividade agrícola no mundo, caracterizando-se pela descoberta e aplicação de técnicas agropecuárias ou tratamentos modernos e eficientes no aumento da produção agrícola a curto prazo, a escolha de espécies estratégicas, a mecanização no campo, a aplicação de agroquímicos, combinado com avanços industriais abalizados em fontes de energia não renováveis, caracterizando-se pela geração de resíduos poluidores e subprodutos do consumismo, causando a extinção de espécies (ZAMBERLAM e FRONCHETTI, 2007). Essa tendência agrícola apresenta uma visão de artificialização do meio ambiente, controlando todos os fatores que influenciam na produção e na produtividade. Tem por objetivo a produção em massa, reproduzindo os modelos laboratoriais (BALSAN, 2006). Essa modernização consiste simplesmente na mecanização e aplicação de produtos químicos sintéticos na agricultura, fazendo com que os pequenos produtores aceitem sem questionamentos essa tecnologia (HOBELINK, 1990).

A produção do alimento-mercadoria no modo de produção capitalista implica o uso, pela agricultura convencional ou agronegócio, de insumos químicos agrícolas, como os fertilizantes e agrotóxicos, que são contaminantes ambientais e dos alimentos (DAMO, 2012).

Pode-se afirmar, que do ponto de vista tecnológico, a agricultura industrial ou convencional representa um modelo que se baseia em três pilares fundamentais: agroquímica, motomecanização e manipulação genética. A agroquímica produz os insumos que permitiram o controle das restrições ambientais, tanto no tocante à fertilidade dos solos, quanto no controle das chamadas pragas, doenças e ervas invasoras. Isso permitiu ao modelo, um seguro controle e dominação da natureza, permitindo praticar a agricultura de monocultura intensiva e extensiva, que seria impossível, sem esse aparato industrial (AQUINO e ASSIS, 2005).

Segundo Barros e Silva (2010), a partir dos anos 80, surgiram um grande número de Organizações não Governamentais (ONGs), preocupadas com as questões ambientais, tais como: o efeito estufa, a preservação de ecossistemas, a poluição dos mares e rios e o uso indiscriminado dos produtos químicos e também

a geração de lixos domésticos e industriais. Estas passaram a atuar no desenvolvimento rural, tendo início os constantes movimentos de contestação da agricultura convencional. Produtores e consumidores têm se preocupado com a qualidade dos alimentos produzidos e consumidos, procurando desenvolver práticas mais limpas de produção e procurando alimentos mais saudáveis, gerando benefícios ambientais em termos de sustentabilidade. É mais do que um sistema de produção que exclui o emprego de fertilizantes químicos de alta solubilidade, agroquímicos e outros produtos obtidos por síntese, esta produção proporciona a sustentabilidade ambiental e social, práticas que maximizem o bem estar social e que busquem o equilíbrio a longo prazo.

Nesse contexto, a produção de alimentos saudáveis, que utilizam tecnologia limpa como a agricultura orgânica, conquistou forte impulso em todos os continentes e movimentou o mercado internacional (BARROS e SILVA, 2010).

A produção de alimentos orgânicos foi regulamentada pela lei nº 10.831 de 24 de dezembro de 2003, a qual preconiza que o sistema orgânico de produção se caracteriza como aquele em que se adotam técnicas específicas mediante à otimização do uso de recursos naturais e socioeconômicos disponíveis, além do respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais e a minimização da dependência de energia não-renovável. Além do emprego de métodos culturais, biológicos e mecânicos em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a lei prevê a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes em qualquer fase da produção, do processamento, do armazenamento da distribuição e da comercialização, até a proteção do ambiente. (BRASIL, 2003).

Aquino e Assis (2005) ressaltam que a agricultura orgânica encontra-se fundamentada nos seguintes princípios agroecológicos, que também são observados no processo de conservação de recursos naturais: diversificação de culturas; independência dos sistemas de produção; o solo como um organismo vivo; respeito à natureza. Assim sendo, constata-se que por seguir tais princípios a agricultura orgânica pode contribuir para a restauração da fertilidade do solo e para a eliminação de pragas e doenças.

A agricultura orgânica (Figura 1) é um sistema não convencional de produção agrícola, de cultivo da terra, baseado em princípios agroecológicos,

envolvendo a gestão dos recursos naturais, a conservação dos agroecossistemas, a produção agrícola, a comercialização dos produtos orgânicos, o processamento dos mesmos e os direitos sociais e econômicos dos produtores rurais. Assim sendo, comprometida com a saúde, a ética, a cidadania e a autonomia do ser humano, contribui com a preservação da vida humana e da natureza e procura utilizar formas sustentáveis e racionais que possam promover a sustentabilidade dos recursos naturais, além de utilizar técnicas tradicionais e modernas de produção ecológica (PENTEADO, 2003).



Figura 1 Sítio São Francisco – Guaraciaba do Norte/ CE
Fonte: Arquivo pessoal

Ademais, trata-se de um sistema de produção que se diferencia da agricultura convencional, principalmente, segundo Barros e Silva (2010), por: preservar a biodiversidade, preservar ciclos e as atividades biológicas do solo, procurar promover a saúde dos seres humanos, promover o equilíbrio ambiental, ser ecologicamente correta e economicamente viável e ainda, ser socialmente justa.

Em seu desenvolvimento, a agricultura orgânica exclui a adoção de agroquímicos, bem como de todo e qualquer tipo de material, que possa produzir no solo funções estranhas às desempenhadas pelo ecossistema. Por meio de agricultura orgânica, procura-se utilizar os recursos locais, na busca de se obter a máxima reciclagem dos nutrientes existentes (SANTOS et al., 2012).

2.3 Alimentos produzidos pelo sistema convencional e orgânico

Existe uma considerável variação nos tipos e nos delineamentos de estudos que visam a identificação de diferenças entre o valor nutricional de alimentos orgânicos e convencionais. São quatro os tipos básicos de comparação: 1) a análise química de alimento orgânico e convencional adquiridos no comércio; 2) o efeito da fertilização na qualidade nutricional das culturas; 3) a análise dos alimentos orgânicos e convencionais provenientes de propriedades conduzidas organicamente e convencionalmente e 4) o efeito da ingestão dos alimentos orgânicos e convencionais sobre a saúde humana ou animal (BORGUINI et al., 2006).

A qualidade dos frutos pode ser facilmente influenciada pelo local onde esse fruto é produzido, pelos tratos culturais e pelo tipo de manejo. As características sensoriais podem ser alteradas de acordo com as condições edafoclimáticas, influenciando na composição química, especialmente na produção de ácidos, açúcares e compostos fenólicos (TEIXEIRA, 2011).

Aliado aos aspectos de qualidade, o cultivo orgânico tem sido muito atrativo aos produtores em virtude do considerável retorno financeiro obtido com a produção. O fruto orgânico apresenta valor até quatro vezes maior em relação ao fruto obtido de forma convencional, o que tem levado muitos produtores a migrarem para esse tipo de cultivo, mais lucrativo e ao mesmo tempo sustentável (BITTENCOURT et al., 2004).

Em termos de macronutrientes (carboidratos, proteínas e gorduras), não se observam diferenças significativas entre alimentos orgânicos e os convencionais. No entanto, tem-se observado que, como os vegetais cultivados sem agrotóxicos, e com uso de fertilizantes naturais, desenvolvem mais defesas naturais. Assim, os orgânicos possuem mais micronutrientes (minerais, vitaminas, fitonutrientes e antioxidantes), sintetizados como defesa natural contra os insetos e plantas competitivas (DAMO, 2012).

Segundo Mooz e Silva (2014), embora não exista um consenso sobre a superioridade nutricional dos alimentos orgânicos é possível observar algumas tendências, como menor teor de nitratos, um teor superior de matéria seca, um maior teor de vitamina C notadamente em leguminosas e folhosas. É provável que

os resultados estejam ligados a não utilização de adubos químicos e agrotóxicos. Todavia são aspectos que precisam ser analisados pormenorizadamente.

Ainda que alguns trabalhos afirmem a superioridade nutricional de alimentos produzidos organicamente, o objetivo do estudo de Arbos et al., (2010), foi apresentar mais dados sobre a composição físico-química de hortaliças produzidas no sistema orgânico. As amostras de alface e tomate oriundas de cultivo orgânico analisadas neste trabalho apresentaram um maior valor energético, menor teor de umidade e maior teor de vitamina C em relação aos dados disponibilizados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011).

O estudo de Davis et al., (2004), identificou um decréscimo de nutrientes em alimentos produzidos sob o método convencional. Analisaram os dados relativos à composição dos alimentos monitorados pela *United States Departamento of Agricultura – USDA*, no período de 1950 a 1999, identificando declínio na concentração de proteínas, cálcio, fósforo, ferro, riboflavina e vitamina C.

Na pesquisa realizada por Schuphan (1974), embora a produção absoluta tenha sido menor com o uso dos adubos orgânicos, o substancial aumento da matéria seca, vitaminas e minerais resultou em um alimento com maior valor nutritivo.

O Quadro 1 mostra as principais diferenças entre alimentos produzidos sob os dois sistemas de cultivo.

2.4 Compostos bioativos

Os alimentos fornecem não somente nutrientes essenciais necessários para a vida, mas também compostos bioativos que promovem benefícios à saúde e auxiliam na redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (GONÇALVES, 2008).

Quadro 1: Estudos que demonstraram diferenças em alimentos vegetais cultivados sob sistema convencional e orgânico, segundo alguns autores.

AUTORES/ ANO	OBJETO DE ESTUDO	CULTIVO CONVENCIONAL	CULTIVO ORGANICO
Arbos et al., 2010	Alface e tomate	Qualidade nutritiva menor.	Maior valor energético, menor teor de umidade e maior teor de vitamina C.
Arbos et al., 2010	Alface, rúcula e almeirão	Atividade antioxidante menos efetiva e menores teores de compostos fenólicos.	Maior teor de compostos fenólicos e mais efetiva atividade antioxidante.
Ferreira et al., 2010	Tomate	Maior massa, volume e uma tendência a maior peso específico, açúcares redutores e teor de nitrato e nitrito.	Tendência a maior valor de pH, vitamina C, cinzas e maior relação de SST/ATT.
Ferreira et al., 2010	Tomate	Tempo de armazenamento à temperatura ambiente: 13 dias Apresenta polpa com aspecto de esponja, menor número de defeitos de superfície, melhor sabor e qualidade global.	Tempo de armazenamento à temperatura ambiente: 14 dias. Polpa lisa, melhor firmeza ao toque, firmeza e resistência ao corte, textura oral e menor sabor remanescente, sabor estranho e acidez.
Nascimento et al., 2013	Tomate	Menor teor de sólidos solúveis; Atributos sensoriais menos pronunciados, sendo menos aceito pelo grupo de provadores;	Maior teor de sólidos solúveis e menor acidez; Maior aceitação quanto ao aroma, sabor e textura; Menor massa, volume e diâmetro longitudinal;
Petry et al., 2012	Laranja	Qualidade nutritiva menor no que se refere à vitamina C e sólidos solúveis totais.	Maiores teores de sólidos solúveis totais e vitamina C.
Pinho et al., 2008	Milho verde	Menor teor de β -caroteno	Apresentaram teor médio de β -caroteno superior.
Rocha e Silva, 2011	Tomate	Atividade antioxidante menor.	Atividade antioxidante superior.
Silva et al., 2011	Alface crespa	Maiores concentrações de nitrato e menor teor de ácido ascórbico;	Apresentou melhor qualidade, com menor concentração de nitrato e maior concentração de ácido ascórbico;
Vieira et al., 2014	Mini-tomates (SweetGrape)	Menores concentrações de cinzas, proteínas, lipídios e licopeno.	Apresentam maiores teores de cinzas, proteínas, lipídios, e licopeno.

Fonte: Do autor.

Esse efeito protetor tem sido atribuído, em grande parte, a propriedades biológicas ditas promotoras da saúde, tais como atividades antioxidante, anti-

inflamatória e hipocolesterolêmica de nutrientes como as vitaminas C, A e E, e de compostos fenólicos como os flavonoides (GONÇALVES, 2008).

Devido à incompleta eficiência de nosso sistema endógeno de defesa, a influência de fatores externos como fumo, poluição, radiação UV e alimentação, bem como a existência de alguns processos fisiopatológicos (envelhecimento, obesidade, inflamação e isquemia), está bem estabelecida a importância de compostos bioativos provenientes da dieta que podem ajudar a suprir esta deficiência e também promover proteção, prevenção ou redução dos efeitos causados pelo estresse oxidativo.(GONÇALVES, 2008).

Os alimentos funcionais possuem compostos bioativos capazes de atuar como moduladores dos processos metabólicos, prevenindo o surgimento precoce de doenças degenerativas. Esses bioativos são também denominados de fitoquímicos. A planta os sintetiza a fim de elaborar um sistema de proteção contra agressores presentes no ambiente, e, portanto, algumas de suas funções podem ser de fungicida, de inseticida e antibacteriana. A produção destes compostos está diretamente ligada ao ambiente onde a planta se desenvolve, sendo que as plantas cultivadas naturalmente apresentam uma maior probabilidade de conter esses fitoquímicos. (VIZZOTTO, KROLOW e TEIXEIRA, 2010).

2.4.1 Fenólicos totais

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, se formam em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros. Os antioxidantes podem ser divididos em duas classes: a dos com atividade enzimática e a dos sem essa atividade. Na primeira, estão os compostos capazes de bloquear a iniciação da oxidação, ou seja, as enzimas que removem as espécies reativas ao oxigênio. Na segunda classe, estão moléculas que interagem com as espécies radicalares e são consumidas durante a reação. Nesta classificação, incluem-se os antioxidantes naturais e sintéticos como os compostos fenólicos (JORGE e ANGELO, 2007).

Segundo Jorge e Angelo, 2007, esses compostos encontram-se largamente em plantas e são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. Os fenólicos, em plantas, são essenciais no crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e

contribuírem na pigmentação. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa. As principais fontes de compostos fenólicos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, além de outras frutas à exemplo da cereja, uva, ameixa, pêra, maçã e mamão, sendo encontrados em maiores quantidades na polpa que no suco da fruta. Pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate também são excelentes fontes destes compostos.

Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático (Figura 2) com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Existem cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonoides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis. Os fenólicos englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas.



Figura 2 Estrutura do ácido fênico ou fenol comum
Fonte: Harborne, 1973.

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários das plantas sintetizados em resposta a condições de estresse. Podem agir como atrativo para polinização, por contribuírem para a pigmentação do vegetal, como antioxidantes e, similarmente ao sistema imunológico humano, protegendo a planta de raios ultravioleta e de patógenos, dentre outros. Nos alimentos são os principais compostos responsáveis pelas características sensoriais tais como adstringência, amargor e aroma, além da estabilidade oxidativa dos produtos derivados de vegetais (PORTO, 2014).

A presença desses compostos num dado alimento pode variar de acordo com a variedade, as condições agrícolas em que foram produzidos, as condições de armazenamento e de processamento do mesmo. (SILVEIRA, 2013)

As ações fisiológicas dos compostos fenólicos despertam grande interesse devido aos seus efeitos antiaterogênicos, neuroprotetores, anti-inflamatórios, anticarcinogênicos e antioxidantes (AJILA et al., 2008).

2.4.2 Antocianinas

De acordo com Teixeira, Stringheta e Oliveira (2008), as antocianinas formam um dos maiores grupos de pigmentos vegetais distribuídos no reino vegetal e provavelmente são os mais conhecidos. Elas são responsáveis pela maioria das cores vermelho, azul e roxo de frutas, hortaliças, flores e outros tecidos vegetais ou produtos. Sendo parte da dieta do homem há muitos anos, já foram experimentadas como fonte industrial em potencial. A indústria da uva e do vinho já utiliza seus subprodutos na preparação comercial de antocianinas.

Pertencentes à família dos flavonoides, são encontradas na forma de glicosídeos facilmente hidrolisados por aquecimento em meio ácido, resultando açúcares e agliconas, denominadas antocianidinas (ROCHA, 2009).

A estrutura química básica das antocianinas é baseada em uma estrutura policíclica de quinze carbonos, mostrada na Figura 3:

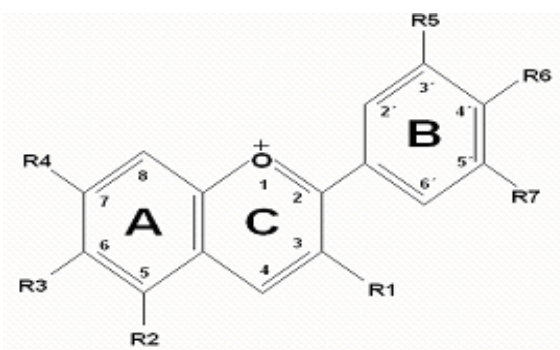


Figura 3 Estrutura química das antocianinas
Fonte: Hollman e Katan, 1999.

A estabilidade das antocianinas é afetada pela sua estrutura química e concentração, luz, enzimas endógenas ou adicionadas, temperatura, pH, co-pigmentos e relação molar destes com as antocianinas, oxigênio, ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e seus produtos de degradação, proteínas e dióxido de enxofre (FRANCIS, 1989; WROLSTAD et al., 2005).

A ação das enzimas endógenas (polifenoloxidase e peroxidase) é um dos principais fatores de degradação dos compostos fenólicos, especialmente as antocianinas. Por serem termorresistentes, a inativação térmica destas enzimas em produtos derivados de vegetais fica dificultada, sendo alternativamente inibidas por adição de compostos que se ligam à parte protéica da enzima, que complexam o grupo heme ou que neutralizam o cofator. O dióxido de enxofre (SO₂) e os sulfitos, assim como o ácido ascórbico, são largamente utilizados na indústria com esta finalidade. No entanto, esses compostos favorecem a degradação das antocianinas por mecanismos não enzimáticos (RODRIGUEZ-SANO et al., 1999; MALIEN-AUBERT et al., 2001).

As antocianinas têm sido relatadas em relação aos benefícios para a saúde, com potenciais efeitos fisiológicos como antineoplásicos, proteção contra radiação, vasodilatador, vasoprotetores, anti-inflamatórios e hepatoprotetor. Elas têm um grande apelo mercadológico por serem uma substância antioxidante conhecida amplamente por retardar o envelhecimento das células (CACCACE e MAZZA, 2002).

Para quantificação de antocianinas, a metodologia proposta por Giusti, Wrolstad (2001), é a de diferença de pH, que permite a quantificação das antocianinas totais e monoméricas em função do comportamento espectral diferenciado das monoméricas em relação às poliméricas em condições de pH distintas. Em função dos comprimentos de onda empregados é possível eliminar a interferência de compostos de degradação. A amostra é submetida a dois tampões aquosos distintos, pH 1,0 e 4,5, e as soluções obtidas têm a absorvância medida em dois comprimentos de onda, 700 nm e comprimento de máxima absorção ($\lambda_{\text{máx}}$), que pode variar de 510 a 550 nm e que no fruto castanhola foi de 520 nm (HARBONE, 2000). As antocianinas têm sua cor intensificada em pH 1,0 e não são capazes de absorver a 700 nm, onde somente os compostos de degradação, interferentes, absorvem. Portanto, a diferença entre a leitura obtida no $\lambda_{\text{máx}}$ e a 700nm da solução de pH 1,0 indicam a concentração das antocianinas totais. No entanto, em pH 4,5, somente as antocianinas monoméricas assumem a forma hemiquetal, a qual é incolor, e a diferença entre as leituras nos dois comprimentos de onda a pH 1,0 é subtraída da diferença entre as leituras nos dois comprimentos de onda a pH 4,5, correspondendo às antocianinas monoméricas.

2.4.3 Proantocianidinas (Taninos Condensados)

As proantocianidinas, também conhecidas como taninos condensados, são encontradas em frutas, sementes, feijões, nozes, cacau e vinho. A sua abundância em plantas faz com que elas desempenhem um papel importante na dieta humana. As proantocianidinas (Figura 4) são oligômeros ou polímeros de flavan-3-ols, sendo que essas unidades estão conectadas principalmente pela ligação C4 → C8. Essa ligação é chamada de ligação do tipo B. Ligações éter adicionais entre C2 → C7 resultam em ligações duplas das unidades de flavan-3-ols chamadas de ligações tipo A (DAMODARAN et al., 2010).

Segundo Damodaran et al., 2010, muitos estudos *in vivo* e *in vitro* mostram efeitos cardioprotetores das proantocianidinas. No entanto, informações sobre a sua biodisponibilidade e biotransformação em seres humanos ainda são limitadas. Os estudos disponíveis mostram que as proantocianidinas são pouco absorvidas, sendo que a maioria das proantocianidinas poliméricas passa inalterada pelo intestino delgado, sendo mais tarde degradada em ácidos fenólicos menores pela microflora do intestino grosso.

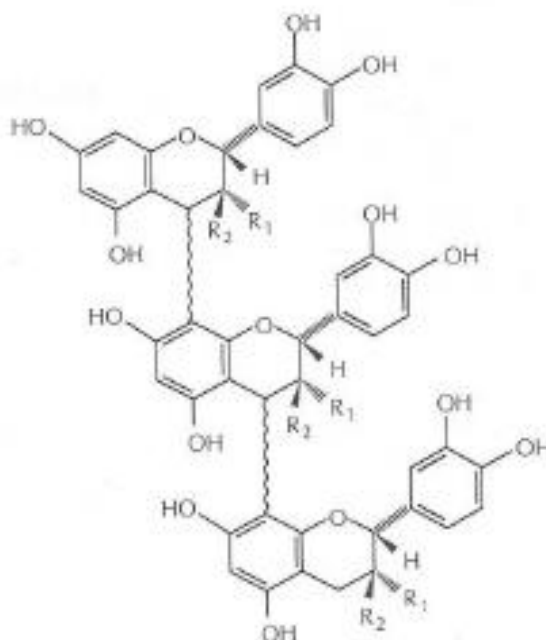


Figura 4 Estrutura das Proantocianidinas
Fonte: De Bruyne et al., 1999

2.4.4 Flavonoides

Os flavonoides são compostos polifenólicos, diversos tanto na estrutura química quanto em suas características; são encontrados somente em plantas, presentes naturalmente nas frutas, vegetais e bebidas como vinho e chá (FORMICA e REGELSON,1995).

Os flavonoides são compostos largamente distribuídos no reino vegetal, encontram-se presentes em frutas, folhas, sementes e em outras partes da planta na forma de glicosídeos ou agliconas. São compostos de baixo peso molecular, consistindo em 15 átomos de carbono, organizados na configuração C6–C3–C6. A estrutura química dos flavonoides consiste em dois anéis aromáticos, denominados anel A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, denominado anel C (Figura 5). O anel aromático A é derivado do ciclo acetato/ malonato, enquanto o anel B é derivado da fenilalanina. Variações em substituição do anel C padrão resultam em importantes classes de flavonóides, como flavonóis, flavonas,flavanonas, flavonóis (ou catequinas), isoflavonas e antocianidinas. Substituições dos anéis A e B originam diferentes compostos dentro de cada classe de flavonóides. Estas substituições podem incluir oxigenação, alquilação, glicosilação, acilação e sulfação(JORGE e ANGELO, 2007).

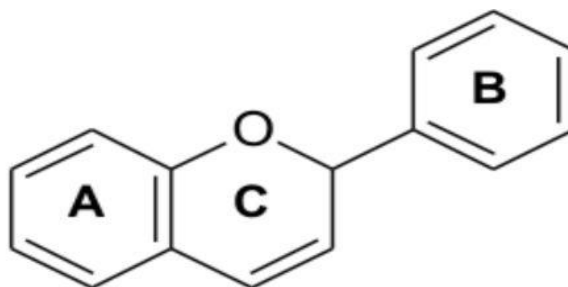


Figura 5 Estrutura química dos flavonoides
Fonte: Harborne, 1973.

Os flavonoides representam um dos grupos mais importantes e diversificados entre os produtos de origem vegetal e estão amplamente distribuídos pela natureza. Em 1930, uma nova substância química foi isolada em laranjas e acreditava-se, que se tratava de mais um novo membro da família das vitaminas, tendo sido designada como vitamina P, verificando-se mais tarde, que se tratava de um flavonoide. A distribuição dos flavonoides nos vegetais depende de diversos fatores, de acordo com o filo, ordem e família do mesmo, bem como da variação das espécies. Geralmente, os flavonoides encontrados nas folhas podem ser de

tipos diferentes (variando também em concentração) daqueles presentes nas flores, nos galhos, raízes e frutos (MACHADO et al., 2008).

Os flavonoides são subdivididos nas principais classes: flavonas, flavonóis, chalconas, auronas, flavanonas, flavanas, antocianidinas, leucoantocianidinas, proantocianidinas, isoflavonas e neoflavonóides (BRAVO, 1998).

2.4.5 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos naturais, hidrossolúveis, que proporcionam colorações vivas a plantas e animais. Eles também agem como antioxidantes, sendo que alguns possuem atividade de vitamina A. Uma característica que define os carotenoides é a estrutura química de suas moléculas, a saber, uma cadeia polienoica de 40 carbonos, derivada do isopreno. O esqueleto de polieno consiste de ligações duplas conjugadas, que faz com que os carotenoides possam absorver o excesso de energia de outras moléculas a partir de um mecanismo de transferência de energia não radioativo. Essa característica pode ser responsável pela atividade antioxidante, sendo observada em carotenoides biológicos, que tem como função principal a extinção do oxigênio *singlet*. Além de eliminar o oxigênio radioativo e os radicais livres, a função antioxidante está relacionada a alguns benefícios à saúde, como aumento da imunidade, proteção de queimaduras solares e inibição do desenvolvimento de alguns tipos de câncer. (DAMODARAN et al., 2010).

Nos cloroplastos, os carotenoides encontram-se associados principalmente à proteínas e são, normalmente, mascarados pela presença de outros pigmentos clorofílicos dominantes. Atuam como pigmentos fotoprotetores na fotossíntese e como estabilizadores de membranas. Nos cromoplastos, eles são depositados na forma cristalina (ex. tomates e cenouras) ou como gotículas de óleo (ex. manga e páprica) (KURZ, CARLE; SCHIEBER, 2008).

Os tecidos de plantas comestíveis contêm uma ampla variedade de carotenoides. Os exemplos mais comuns são: tomates (licopeno), cenouras (α e β -caroteno), milho (luteína e zeaxantina), pimentas vermelhas (capsantina), urucum (bixina) e batata doce (β -caroteno). Outras fontes vegetais de carotenoides são: abóbora, pimentão vermelho e amarelo, inhame, cará, azeitona roxa, repolho roxo, folhas verde-escuras (como brócolis e espinafre), alface, aipo, maçã, damasco, manga, ameixa, frutas vermelhas, melancia, laranja, tangerina, nectarina e mamão.

Alguns dos carotenoides apresentam a estrutura cíclica β -ionona em suas moléculas sendo, portanto, precursores de vitamina A (ex. α , β e γ -caroteno e β -criptoxantina) (DAMODARAN et al., 2010).

Os carotenoides são biossintetizados principalmente por algas no oceano, mas também por plantas e muitos micro-organismos e os animais devem obtê-los desses alimentos. O conteúdo de carotenoides nas frutas e vegetais depende de vários fatores como: variedade genética, estágio de maturação, armazenamento pós-colheita, processamento e preparo (CAPECKA, MARECZEK; LEJA, 2005).

Do ponto de vista químico, carotenóides são compostos polisoprenóides e podem ser divididos em dois grandes grupos: (a) carotenos ou carotenóideshidrocarbonos: compostos apenas de carbono e hidrogênio (ex. α e β -caroteno e licopeno) e (b) xantofilas: que são derivados oxigenados dos carotenos e contém pelo menos uma função hidroxil, ceto, epóxi, metoxi ou ácido carboxílico (ex. luteína, zeaxantina e astaxantina) (QUIRÓS; COSTA, 2006).

Assim como as vitaminas, os carotenoides tem sido bastante pesquisados, uma vez que demonstraram em diversos estudos, elevado poder antioxidante em sistemas biológicos. Esses compostos são corantes naturais cuja estrutura química é composta por ligações duplas conjugadas responsáveis por sua cor e função antioxidante (COSTA, 2011).

2.4.5.1 Licopeno

O licopeno é um membro da família dos carotenoides, sendo um fitoquímico lipossolúvel sem atividade de pró-vitamina A, sintetizado por diversos vegetais e microrganismos, não sendo, porém produzido pelo organismo humano. Encontrado em tomate, melancia, mamão, pêssigo, toranjas alaranjadas e rosadas (Rao e Rao, 2007; Silva et al., 2009).

A estrutura química do licopeno (Figura 6) é caracteristicamente simétrica e acíclica, formada somente por átomos de carbono e hidrogênio ($C_{40}H_{56}$), apresentando 11 ligações duplas conjugadas e 2 ligações não conjugadas. As duas ligações não conjugadas, além de conferirem ao licopeno elevada reatividade química, ainda constituem o cromóforo responsável por sua capacidade de absorção de luz na região visível, que confere aos vegetais em que está presente coloração vermelho alaranjada (Moritz e Tramonte, 2006; Silva et al., 2009).

A biodisponibilidade do licopeno é baixa, mas pode ser melhorada por meio de processos térmicos. Vários estudos tem sugerido que o consumo de produtos processados com tomate reduz o risco de câncer de próstata. Da mesma forma, a diminuição do risco de câncer e doenças cardiovasculares tem sido associada ao elevado consumo de produtos que contenham tomate (DAMODARAN et al., 2010).

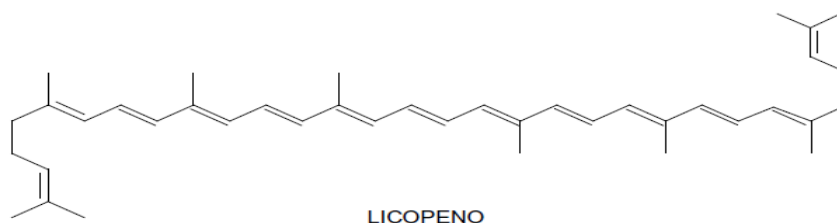


Figura 6 Estrutura química do licopeno
Fonte: Harbone, 1984.

2.4.5.2 β -caroteno

O β -caroteno (Figura 7) é o caroteno mais encontrado em alimentos, sendo o mais potente entre os carotenoides de provitamina A. Ele é conhecido por suas várias características benéficas à saúde, como reforço do sistema imunológico, melhora de atividade e mudança do número de células imunes e diminuição do risco de ocorrência de doenças degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular relacionada à idade e formação da catarata. O β -caroteno é encontrado em óleo de palma vermelha, palmito, vegetais verdes folhosos, cenoura, batata-doce, abobrinha, abóbora, manga e mamão. Estudos epidemiológicos e em animais apoiam a hipótese de que o β -caroteno pode prevenir o câncer em seres humanos (DAMODARAN et al., 2010).

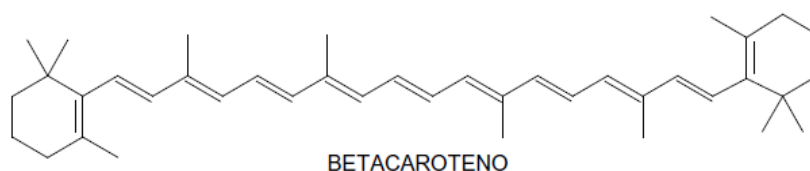


Figura 7 Estrutura química do β -caroteno
FONTE: Wintherhalter e Rouseff, 2002.

2.4.6 Vitamina C

A vitamina C encontra-se nos vegetais na forma reduzida como ácido ascórbico (AA) ou na forma oxidada como ácido desidroascórbico (DHA), ambos com atividade vitamínica (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Nas plantas, o ácido ascórbico é sintetizado na mitocôndria e é transportado para outros compartimentos celulares através de um gradiente eletroquímico de prótons ou através de difusão facilitada (SHAO et al., 2008). Os seres humanos perderam a capacidade de sintetizar ácido ascórbico devido a um defeito na L-gulonolactone oxidase, enzima que catalisa a conversão de L-gulonolactone em ácido ascórbico, por isso dependem do seu consumo na dieta para prevenir doenças (TRABER; STEVENS, 2011).

O ácido ascórbico é um dos antioxidantes mais estudados e tem sido detectado intracelularmente e no apoplasto, sendo um importante componente do sistema antioxidante das plantas (GIOVANNONI, 2007; SMIRNOFF, 2000). Por ser solúvel em água, a vitamina C pode estar na linha de frente de defesa contra moléculas muito reativas e radicais livres gerados pelo metabolismo, tais como peróxido de hidrogênio, radical hidroxil, radical peroxil e oxigênio *singlet*, atuando no plasma sanguíneo como um sequestrador destas espécies químicas e dissipando-as antes que possam reagir com membranas biológicas e lipoproteínas (BASU, 1999). Shao, Liang e Shao (2005) evidenciam uma redução no AA em milho e trigo sob estresse hídrico, sugerindo seu envolvimento na resposta antioxidativa.

O AA tem a capacidade de proteger as membranas contra peroxidação de lipídios por reduzir radicais hidroperoxilas através do ciclo redox da vitamina E (TRABER; STEVENS, 2011). O AA participa de muitos processos fisiológicos como a regulação do crescimento, a diferenciação e metabolismo das plantas. Porém, seu papel fundamental é no sistema de defesa antioxidante de plantas protegendo contra o H_2O_2 , minimizando os danos causados pelos processos oxidativos através da função sinérgica com outros antioxidantes (SHAO et al., 2008).

2.5 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante de alguns compostos presentes nos alimentos tem despertado interesse pelo seu potencial efeito na prevenção do estresse oxidativo, causa primária de muitas doenças crônicas por provocar danos celulares que, por

sua vez, podem promover disfunções fisiológicas e morte celular. O estresse oxidativo é resultado do desequilíbrio entre as espécies reativas de oxigênio (ROS) e nitrogênio (RNS) e o sistema de defesa antioxidante presente no organismo. As espécies reativas de oxigênio e nitrogênio podem ser geradas durante a irradiação por raios ultravioleta, raios X, raios gama, como produtos de reações catalisadas por metais que podem estar na atmosfera como poluentes. Podem ser também geradas no organismo, por neutrófilos e macrófagos durante processo inflamatório; por exposição a herbicidas, xenobióticos e toxinas e principalmente durante o metabolismo aeróbico, na mitocôndria (cadeia transportadora de elétrons). Antioxidantes enzimáticos como superóxido desmutase, catalase e glutatona peroxidase, juntamente com antioxidantes não enzimáticos, como as vitaminas C e E, carotenóides, flavonóides e antioxidantes tióis, formam o sistema de defesa antioxidante (VALKO et al., 2006; SCANDALIO, 2005).

Os antioxidantes são definidos como qualquer substância que, presente em menores concentrações que as do substrato oxidável, seja capaz de atrasar ou inibir a oxidação deste de maneira eficaz. Tais substâncias podem agir diretamente, neutralizando a ação dos radicais livres e espécies não-radicais, ou indiretamente, participando dos sistemas enzimáticos com tal capacidade (BARBOSA et al., 2010).

Compostos que possuem atividade antioxidante incluem a classe de fenóis, ácidos fenólicos e seus derivados, flavonoides, tocoferóis, fosfolípidios, aminoácidos, ácido fítico, ácido ascórbico, pigmentos e esteróis. A respeito dos antioxidantes fenólicos, é conhecido que os mesmos são antioxidantes primários que agem como terminais para os radicais livres, evitando o processo de oxidação (ROESLER et al., 2007).

Segundo FETT et al., (2008), dentre os compostos antioxidantes, destacam-se os ácidos fenólicos presentes nas formas livres ou complexados. Estes compostos foram identificados e quantificados nas mais diferentes frutas e vegetais, apresentando alta correlação com a atividade antioxidante demonstrada pelas mesmas.

Arbos et al., (2010), verificou que o sistema empregado no cultivo de hortaliças contribui, concomitante com o maior teor de compostos fenólicos, para uma mais efetiva atividade antioxidante das hortaliças orgânicas.

As diferenças relacionadas a atividade antioxidante e níveis de fenólicos totais superiores em frutos cultivados sob o sistema orgânico, podem ser

decorrentes da possível incidência de pragas e patógenos no método de cultivo orgânico, causando algum tipo de estresse e assim, provocando um aumento da produção de compostos fenólicos pelas plantas, com o objetivo de aumentar suas defesas naturais (ASAMI et al., 2003; BORGUINI, 2006).

A maioria das metodologias para determinação da atividade antioxidante baseia-se na reação competitiva entre o antioxidante e o substrato para formação do radical por decomposição de compostos. A metodologia de quantificação de fenólicos totais pelo reagente de *Folin-Ciocalteu*, também é utilizada para quantificar a atividade antioxidante e seu mecanismo de ação envolve a transferência de elétrons, assim como no caso do ABTS expresso em TEAC (*Trolox® Equivalence Antioxidant Capacity*), FRAP (*Ferricion Reducing Antioxidant Parameter*); DPPH (Diphenil-1-Picrylhydrazyl) e capacidade de redução do cobre II. As metodologias que envolvem a transferência de elétrons baseiam-se na redução do substrato por ação dos componentes antioxidantes presentes na amostra, que apresentam comportamento espectral distinto no estado oxidado e reduzido (ARNAO, 2000; BECKER, NISSEN; SHIBSTED, 2004; HUANG, PRIOR, 2005).

Assim, tendo em vista aos inúmeros benefícios do consumo de alimentos orgânicos, bem como suas implicações para a saúde, estudos que relatam a melhor qualidade de frutas cultivadas sob o sistema orgânico de produção e ao conseqüente aumento do interesse do consumidor pelos alimentos orgânicos, é pertinente a realização deste estudo, objetivando contribuir com a área de Alimentos e Nutrição.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Avaliar as características nutritivas e funcionais de frutas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico.

3.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Analisar as características físico-químicas e valor energético total de frutas produzidas sob o sistema convencional e orgânico.
- ✓ Determinar os teores de compostos bioativos.
- ✓ Verificar a atividade antioxidante de frutas produzidas por diferentes tipos de cultivo.
- ✓ Relacionar a atividade antioxidante com o conteúdo de compostos bioativos.

4. METODOLOGIA

4.1 Local de obtenção dos frutos

As frutas convencionais foram adquiridos no comércio varejista de Teresina-PI e as frutas orgânicas foram adquiridos em comércio varejista especializado na venda de alimentos orgânicos, também localizado na referida cidade. Para a aquisição dos frutos orgânicos foi utilizado como critério de seleção a presença do selo de identificação do SISORG (Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade Orgânica).

4.2 Matérias- primas

As frutas estudadas foram: banana prata (*Musa AAB*), mamão formosa (*Carica Papaya L.*) e maçã gala (*Malus domestica Bork*).

Na aquisição, as bananas apresentaram-se inteiras, sem deformação, sem separação demasiada das pencas, uniformes, limpas, em estado verde, porém fisiologicamente desenvolvidas, contendo de 9 a 10 frutos, sem odores estranhos e substâncias nocivas à saúde (BRASIL, 1978). Para o início das análises as bananas apresentavam-se no nível 7 (amarelo com áreas marrons), segundo a escala de maturação “Van Loesecke”.

Os mamões adquiridos encontravam-se em bom estado de conservação, com ausência de defeitos podridão, passado e empedramento. Odor próprio (BRASIL, 2010).

A maçãs apresentavam-se inteiras, sãs, limpas, praticamente isentas de matérias estranhas e impurezas visíveis; isentas de parasitas, umidade exterior anormal e de odores estranhos. (BRASIL, 2006).

A maçã foi analisada com e sem casca para as seguintes análises: vitamina C, compostos bioativos e atividade antioxidante, devido a alguns destes compostos estarem presentes na casca em maior conteúdo.

4.3 Local e período de estudo

As análises foram realizadas em triplicata no Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos- LABROMBIOQ - Sala de Antioxidantes do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí – UFPI, no período de novembro de 2014 a março de 2016.

4.4 Preparo das amostras

No momento da compra, os frutos foram selecionados quanto a integridade, injúrias e defeitos de podridão. Foram utilizadas de 5 a 10 unidades de cada fruto. As amostras foram lavadas em água corrente para a remoção das sujidades e em seguida sanitizados em solução de hipoclorito de sódio à 200ppm por 15 minutos. Os frutos foram descascados e em seguida homogeneizadas em liquidificador/manualmente, misturadas e as alíquotas retiradas para análise, pela técnica de quarteamento, segundo Cecchi (2013), (Apêndice 1). Para as análises físico-químicas e de compostos bioativos foram utilizadas amostras *in natura*, imediatamente após o processamento. Para as análises de composição centesimal, as amostras foram armazenadas em sacos de polietileno e mantidas no LABROMBIOQ- UFPI em temperatura de congelamento (-20°C), por uma semana.

4.5 Métodos analíticos

Todas as análises foram realizadas em dois lotes para cada fruto. Onde o lote representa uma quantidade significativa dos frutos que foram produzidos em condições uniformes, em um intervalo de 3 meses, provenientes da mesma região.

4.5.1 Composição centesimal

4.5.1.1 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 colocado a cápsula com a amostra em estufa a 105 °C por 24 horas, em seguida colocou-se em dessecador por 30 minutos e por fim foi feita a pesagem. O teor de umidade (%) foi obtido pela fórmula:

$$\text{Teor de umidade} = 100 \times N / P$$

Em que:

N = n° de gramas de umidade

P = n° de gramas de amostra.

4.5.1.2 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 bico de Bunsen a 250 °C por 4 horas, posteriormente incineradas por 24 horas a 550 °C. Ao final, os cadinhos com amostra incinerada foram colocados em dessecador, para esfriar, por 40 minutos e em seguida pesados. O teor de cinzas (%) foi obtido pela fórmula:

$$\text{Teor de cinzas} = 100 \times N / P$$

Em que:

N = n° de gramas de cinzas.

P = n° de gramas de amostra.

4.5.1.3 Lipídios

Os lipídios (correspondentes à fração extrato etéreo) foram obtidos em extrator intermitente de *Soxhlet*, utilizando o solvente Hexano PA (AOAC, 2005). Para extração, 3 g das amostras secas trituradas, em triplicata, obtidas da análise de umidade, foram colocadas em cartuchos e estes adicionados a 100 mL de hexano e mantidos em extração contínua por seis horas a 60 °C. Após o término da extração, os tubos coletores de lipídios 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:

$$\text{Teor de lipídios} = 100 \times N / P$$

Em que:

N = n° de gramas de lipídios.

P = n° de gramas de amostra.

4.5.1.4 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 foi utilizado para converter o teor de nitrogênio total em proteínas (AOAC, 2005).

Para a etapa da digestão, foi feita a pesagem de 0,5 mg de amostra em papel manteiga, sendo este conjunto colocado em tubo digestor juntamente com 7,5 mL de ácido sulfúrico concentrado, 4,5g de sulfato de potássio e 0,5g de sulfato de

cobre. A digestão foi realizada a 350 °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-se a fórmula a seguir (AOAC, 2005):

$$\text{Teor de proteínas} = V \times 0,14 \times F / P$$

Em que:

V = volume de ácido sulfúrico utilizado menos volume de hidróxido de sódio utilizado na titulação.

F = fator de conversão = 5,75

P = peso da amostra.

4.5.1.5 Carboidratos

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

4.5.1.6 Valor energético total (VET)

O valor calórico das frutas em estudo foi calculado utilizando-se os fatores de conversão de ATWATER: 4 kcal/g para proteínas, 4 kcal/g para carboidratos e 9 kcal/g para lipídios (WATT; MERRILL, 1963).

4.5.2 Análises físico-químicas

4.5.2.1 Acidez total titulável em ácido orgânico (AOAC, 2005)

Tomou-se uma amostra de 10 mL do produto homogeneizado e colocou-se num frasco erlenmeyer. Acrescentou-se 50 mL de água destilada e 2-3 gotas de fenolftaleína. Em seguida titulou-se com NaOH 0,1N até a mudança de cor da solução para levemente róseo.

Cálculo:

$$\% \text{ Acidez em ácido (nome do ácido)} = \frac{V \times F \times N \times \text{eq. g}}{P \times 10}$$

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

N = normalidade da solução de hidróxido de sódio

F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio

Eq.g = Equivalente grama do ácido (**Tabela 1**)

P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL

Tabela 1 –Equivalente grama dos ácidos orgânicos.

Ácidos Orgânicos	Eq grama
Ácido cítrico (Mamão)	64,04
Ácido málico (banana e maçã)	67,05

Fonte: IAL (1985) adaptada.

4.5.2.2 Sólidos solúveis totais (°Brix) (AOAC, 2005)

O teor de sólidos solúveis totais (° Brix) foi determinado com temperatura de 20 °C por meio do índice de refração, utilizando refratômetro de bancada. Este foi calibrado com água destilada a 20 °C e em seguida adicionado duas gotas da amostra no prisma do aparelho para realização da leitura.

4.5.2.3 Determinação do pH (AOAC, 2005)

Realizou-se a calibração do potenciômetro com as soluções tampão pH 7 e pH 4. Em seguida colocou-se 10g da amostra em 100mL de água destilada em um béquer, agitou-se o conteúdo até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. Inseriu-se o eletrodo e realizou-se a leitura.

4.5.3 Compostos Bioativos

4.5.3.1 Elaboração dos extratos

Os extratos foram obtidos de acordo com a metodologia de Rufino et al., 2010. Para obtenção do extrato aquoso, pesou-se 3g de amostra *in natura*. Adicionou-se 20 mL de água deionizada. Homogeneizou-se e extraiu-se por 1h em ultrassom (USC-1400 Unique®) à temperatura ambiente. Centrifugou-se a 4000 rpm por 15 minutos, transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 25 mL, em seguida completou-se o volume para 25mL com água deionizada.

4.5.3.2 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos foram determinados pelo método espectrofotométrico. Adicionaram-se 2 mL de água desionizada num balão de 10

mL, pipetou-se 100 μ L do extrato aquoso com pipeta automática e transferiu-se para balão volumétrico de 10 mL. Adicionou-se 0,5 mL do reativo *Folin-Ciocalteu* agitou-se com vigor. Após 5 minutos adicionou-se 1,5 mL de carbonato de sódio a 20 % m/v, agitou-se bem e diluiu-se com água desionizada até completar o volume de 10 mL. Após repouso de 2 horas a temperatura ambiente, mediu-se a absorvância a 765 nm em cubeta de 10 mm (SINGLETON e ROSSI, 1965).

4.5.3.3 Antocianinas totais

O teor de antocianinas totais foi determinado utilizando o método de diferença de pH (Guisti; Wrolstad, 2001). Pipetaram-se 550 μ L da amostra diluída e transferiu-se para um tubo de ensaio. Adicionou-se 5 mL da solução de cloreto de potássio (KCl 0,025 M, pH 1,0), homogeneizou-se bem e armazenou-se por 10 minutos em ausência de luz. Repetiu-se o mesmo procedimento para o acetato de sódio (3CH₃COONaH₂O, 0,4 M, pH 4,5). Mediu-se a absorvância no comprimento de onda máximo de absorção e em 700 nm. A absorvância foi calculada a partir da seguinte equação:

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

Uma vez que a concentração de pigmentos monoméricos pode ser calculada e expressada em cianidina-3-glicosídeo (PM: 449,2 e ϵ : 26,900). Antocianinas monoméricos (mg.100 g) = (A x PM x FD x 100) / (ϵ x 1). A = Absorvância; PM = peso molecular; FD = Fator de diluição; ϵ = absorvância molar.

4.5.3.4 Proantocianidinas (Taninos Condensados)

A determinação do teor de proantocianidinas (taninos condensados) foi realizada por colorimetria pelo método da vanilina usando catequina como padrão (PRICE, SCOYOC; BUTLER, 1978). Neste procedimento, 5,0 mL do reagente de vanilina (0,5 g de reagente e 200 mL de Metanol HCl a 4 %) foi adicionado a 1,0 mL do extrato metanol/acetona. Após 20 min de reação na ausência de luz e a temperatura ambiente, fez-se a leitura a 500 nm. As determinações foram feitas em triplicata e os resultados expressos em mg equivalente a catequina (EC) por 100 g de amostra seca.

4.5.3.5 Carotenoides totais

O teor de carotenoides foi determinado de acordo com a metodologia de Alvarez-Suarez, et al., 2011; Ferreira, et al., 2009. Pesou-se 1 g de amostra em um becker de 30 mL, adicionou-se 20mL do solvente acetona / hexano (4:6) que permaneceu sob agitação por 10 minutos, após esse tempo, filtrou-se e determinou-se a absorvância a 450 nm. Os resultados foram expressos em mg de β -caroteno por Kg de amostra por comparação com a curva padrão de β -caroteno elaborada previamente.

Para análise de carotenoides, segundo Nagata e Yamashita (1992) adaptado, utilizou-se o mesmo extrato feito de acordo com a metodologia de Alvarez-Suarez, et al., 2011; Ferreira, et al., 2009 e fez-se a leitura em espectrofotômetro nos seguintes comprimentos de onda: 453nm, 505nm, 645nm e 663nm.

Os resultados foram anotados para posterior cálculo. Para calibrar o aparelho, foi realizada leitura com o branco (acetona- hexano).

Para analisar os resultados expressos em **β - caroteno** (mg/100mL):

$$0,216 \times A_{663} - 1,22 \times A_{645} - 0,304 \times A_{505} + 0,452 \times A_{453}$$

Onde,

A = Absorvância das leituras

Os demais números são constantes inerentes a fórmula. Os resultados foram multiplicados por 1000 e expressos em $\mu\text{g}/100\text{mL}$ da amostra fresca.

Para analisar os resultados expressos em Licopeno (mg/100mL) :

$$0,0458 \times A_{663} + 0,204 \times A_{645} - 0,372 \times A_{505} + 0,0806 \times A_{453}$$

Onde,

A = Absorvância das leituras

Os demais números são constantes inerentes a fórmula. Os resultados foram multiplicados por 1000 e expressos em $\mu\text{g}/100\text{mL}$ da amostra fresca. Todo o procedimento foi feito ao abrigo da luz.

4.5.3.6 Flavonoides totais

Para a determinação de flavonoides totais foi utilizado o método descrito por Kim et al., (2003) e modificado por Blasa et al., (2006). Em um tubo de ensaio, foi adicionado 1 mL do extrato, que foi misturado com 0,3 mL de nitrito de sódio (NaNO₂) 5% m/v. Passados 5 minutos, foi adicionado 0,3 mL de cloreto de alumínio (AlCl₃) 10% m/v. Após decorridos mais 6 minutos, pipetou-se 2 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 1 M, e a seguir, as absorvâncias das amostras foram mensuradas a 425 nm em espectrofotômetro digital, marca Shimadzu 02900 Serial N° A 114547/UV – 1.800.

Diferentes concentrações de quercetina (0-100 mg/L) foram utilizadas para a construção de uma curva padrão e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes a quercetina (mg EQ) /100 g de amostra.

4.5.3.7 Conteúdo de Vitamina C pelo método de TILLMANS modificado por Benassi e Antunes-1988

Para a padronização do ácido ascórbico, transferiu-se em três vezes 2,0mL da solução padrão de ácido ascórbico para diferentes frascos erlenmeyers de 250mL contendo 50mL de ácido oxálico a 1%. Titulou-se rapidamente com a solução de 2,6 diclorofenolindofenol através da bureta de 50mL, até uma leve mas distinta coloração rósea persistente por 5 segundos.

Similarmente titulou-se três brancos da mesma maneira usando água deionizada em lugar da solução de ácido ascórbico. Após diminuir da solução de 2,6 diclorofenolindofenol gasta na titulação, a média da determinação dos brancos, calculou-se a concentração do 2,6 diclorofenolindofenol como mg de ácido ascórbico equivalente a 1,0mL da solução do reagente. Padronizou-se a solução de 2,6 diclorofenolindofenol com a solução padrão de ácido ascórbico recentemente preparada.

Cálculo do fator:

$$F = \frac{\text{mg de ácido ascórbico/ mL}}{\text{solução de 2,6 diclorofenolindofenol}} = \frac{V_a}{V_c - MV_b}$$

Onde: V_a = volume da solução de ácido ascórbico usada.

Vc = Volume da solução de 2,6 diclorofenolindofenol usada na titulação do ácido ascórbico.

MVb= média do volume da solução de 2,6 diclorofenolindofenol gasto na titulação do branco.

Pipetou-se 10 mL da amostra (que continha cerca de 2mg de ácido ascórbico) e adicionou-se em um erlenmeyer de 250 mL contendo 50 mL de solução ácido oxálico a 1%. Titulou-se com solução de 2,6 diclorofenolindofenol até a coloração rósea persistente por 15 segundos.

Utilizou-se a fórmula a seguir:

$$\text{Ácido ascórbico mg/100 mL amostra} = \frac{100 \times V_i \times F}{V_a}$$

Onde:

Vi: volume da solução de 2,6 diclorofenolindofenol gasto na titulação da amostra;

Va: Volume da amostra usada na titulação;

F: fator da solução de 2,6 diclorofenolindofenol, em mg ácido ascórbico/ mL da solução 2,6 diclorofenolindofenol.

4.5.3.8 Atividade antioxidante pelo método DPPH

A atividade antioxidante foi determinada para todos os frutos, pelo método de captura dos radicais DPPH, desenvolvido por Brand-Williams; Cuvelier e Berset, (1995). Foi preparada uma solução do radical DPPH• (100 µM) dissolvido em metanol a 80% (1:100 v/v), ajustando o valor da absorbância inicial (A0) desta solução para 0,800.

Em tubos de ensaio, foi adicionado 100 µL do extrato a 2,9 mL desta solução, foi feita a homogeneização e em seguida foi mantida a mistura em local escuro, à temperatura ambiente, por 30 minutos. Efetuou-se as medidas das absorbâncias em espectrofotômetro digital, marca Shimadzu 02900 Serial N° A 114547/UV – 1.800, no comprimento de onda de 515 nm, do radical, antes de adicionar a amostra (A0) e depois de adicionar amostra, com 30 minutos de reação (Af). 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:

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

Foi construída uma curva padrão com Trolox em diferentes concentrações (0-100 mg/L) como referência. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol TEAC}$ (Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox) por 100 g de amostra.

4.6 Análise estatística

Para análise estatística, foi criado um banco de dados no Programa *Statistical Package for the Social Sciences - SPSS*, version 17.0. Para verificar diferença significativa entre as médias do tipo de cultivo e as frutas, foi utilizado o teste *t* de *Student*. Foi aplicado o teste de correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. (ANDRADE, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As frutas analisadas provenientes do sistema convencional e orgânico de produção estão demonstrados nas Figuras 8, 9 e 10.



Figura 8. Banana Prata Orgânica e Convencional
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 9. Mamão Formosa Orgânico e Convencional
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 10. Maçã Gala Orgânica e Convencional
Fonte: Arquivo pessoal

A Tabela 2 apresenta acidez total titulável (ATT) e acidez em ácido orgânico (cítrico e málico) das frutas cultivadas no sistema convencional e orgânico.

Tabela 2. Acidez total titulável (ATT) e acidez em ácido orgânico (cítrico e málico) das frutas estudadas.

Frutas	Acidez total	Tipos de cultivos	
		Convencional Média ± DP*	Orgânico Média ± DP*
Banana	ATT (%)	0,552 ± 17,19 ^a	0,611 ± 7,40 ^b
	AT (% ác. málico)	0,368 ± 0,05 ^a	0,408 ± 0,24 ^b
Mamão	ATT (%)	0,048 ± 0,3 ^a	0,049 ± 0,05 ^a
	AT (% ác. cítrico)	0,087 ± 0,02 ^a	0,064 ± 0,07 ^b
Maçã	ATT (%)	0,37 ± 0,05 ^a	0,36 ± 0,05 ^a
	AT (% ác. málico)	0,085 ± 0,01 ^a	0,086 ± 0,01 ^a

(*) Média e desvio padrão de 2 lotes de cada fruta com três repetições. Letras iguais sobrescritas na mesma linha não apresenta significância estatística ao nível de $p < 0,05$, segundo o teste *t* de Student.
Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina – PI, 2016.

Para a banana, a acidez total titulável (ATT) e acidez em ácido orgânico da fruta cultivada organicamente apresentou uma maior porcentagem (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira (2012), onde foi verificado uma maior acidez (% ácido málico) para a banana orgânica (0,65%) quando comparada com a convencional (0,51%).

No entanto, em um estudo feito por Sarmento et al., (2012), onde analisaram a qualidade pós – colheita de banana submetida ao cultivo orgânico e convencional, não foi observada diferença para acidez titulável entre os dois tipos de cultivo. Da mesma forma, Ribeiro et al., (2012) não observaram variações significativas para acidez titulável em banana Prata- Anã em diferentes tipos de cultivo (convencional: 0,21% e orgânico: 0,21%).

Observou-se uma maior acidez total (% ác. cítrico) para o mamão nos diferentes tipos de cultivo (convencional: 0,087% e orgânico: 0,064 %). No entanto não foi observada diferença estatisticamente significativa para a acidez total titulável (ATT), provavelmente porque o mamão, além do ácido cítrico, possui ácido málico e hidrociânico. Assim, tais compostos devem ter exercido influência para

que esse parâmetro não sofresse alteração significativa entre os diferentes tratos culturais.

Um conjunto de diversos fatores da pré e pós - colheita tem influência decisiva para que as frutas e hortaliças expressem sua qualidade máxima, exercendo forte influência em sua acidez, composição química e sabor. Normalmente, eles interagem de maneira complexa e dependem de características específicas de cada cultivar, e ainda do estágio de desenvolvimento do produto. Os fatores pré-colheita podem ser classificados como ambientais e culturais. Dentre os ambientais, destacam-se a temperatura, a umidade relativa do ar, a luminosidade, a textura do solo, os ventos e as chuvas. Os fatores (ou práticas) culturais estão relacionados principalmente à nutrição mineral, manejo do solo, poda, raleio, aplicações de produtos químicos, uso de porta-enxertos, espaçamento do plantio, irrigação e drenagem. Dentre os fatores pós-colheita podemos citar transporte, manuseio e armazenamento.

Durante o amadurecimento do mamão, ocorre o acúmulo de açúcares e aumento da acidez à formação do ácido galacturônico no processo de degradação da parede celular e conseqüentemente o aumento do teor de sólidos solúveis.

Em relação à maçã, com o avanço da maturação observa-se uma redução da firmeza da polpa e acidez titulável.

O aumento do teor de acidez favorece o sabor quando relacionado com os açúcares. Com o amadurecimento da banana ocorre o aumento do teor de acidez, atingindo seu máximo quando a casca está totalmente amarela.

Os ácidos orgânicos exercem grande influência em relação aos atributos: sabor, odor e cor, contribuindo para a qualidade dos frutos.

Para a banana (Tabela 3), foi observado um maior pH para o fruto convencional. Em trabalhos realizados por Ramos et al., 2009, as cultivares que apresentaram valores mais elevados de pH foram *Thap Maeo* (5,36) e *Prata-Anã* (6,00), em manejo convencional. Um estudo feito por Ribeiro et al., 2012 mostrou que o manejo convencional ou orgânico não alterou as características físico-químicas das diferentes cultivares de bananas.

Tabela 3. Características físicas de frutas cultivadas sob a forma convencional e orgânica.

Frutas	Características Físicas	Tipos de cultivos	
		Convencional Média ± DP*	Orgânico Média ± DP*
Banana	pH	4,48 ± 0,13 ^a	4,14 ± 0,05 ^b
	SST (*Brix)	25,20 ± 1,91 ^a	25,9 ± 1,59 ^a
Mamão	pH	5,15 ± 0,44 ^a	5,18 ± 0,36 ^a
	SST (*Brix)	12,10 ± 0,61 ^a	12,60 ± 0,31 ^a
Maçã	pH	3,91 ± 0,00 ^a	4,05 ± 0,04 ^a
	SST (*Brix)	12,93 ± 0,09 ^a	12,40 ± 0,08 ^a

(*) Média e desvio padrão de 2 lotes de cada fruta com três repetições. Letras iguais sobrescritas na mesma linha não apresenta significância estatística ao nível de $p \leq 0,05$ com, segundo o teste *t* de Student.
Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina – PI, 2016.

Os valores de pH são inversamente relacionados com a da acidez, ou seja, o pH aumenta com a redução da acidez. Os frutos possuem uma quantidade de ácidos que, em balanço com os teores de açúcares, representam um importante atributo de qualidade.

Assim, quando se considera acidez total titulável, pH e sólidos solúveis totais, existe uma influência maior do estágio de maturação quando comparado com o sistema de cultivo. Grande parte dos produtores colhem os frutos ainda verdes para que estes resistam ao transporte e comercialização.

Na banana houve uma diferença estatisticamente significativa para acidez total titulável e ácido em ácido málico, entre os dois sistemas e cultivo, no entanto, no regulamento técnico deste fruto não consta o padrão para a acidez.

O mamão orgânico e convencional apresentaram teores de sólidos solúveis totais (SST) em consonância com a Instrução Normativa N^o 4, de 22 de janeiro de 2010 (Regulamento técnico do mamão), que estabelece o teor de sólidos solúveis tecnicamente recomendável de no mínimo 11^o Brix. Em relação ao pH, estavam de

acordo com a Instrução Normativa Nº 1, de 07 de janeiro de 2000, que determina o mínimo de 4,0. No entanto em relação à acidez total expressa em ácido cítrico os valores obtidos no presente estudo encontram-se abaixo da legislação vigente, que é 0,17% (Instrução Normativa Nº 1, de 07 de janeiro de 2000, que aprova o regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta).

As maçãs estudadas apontaram teores de acidez em ácido málico abaixo da Instrução Normativa Nº 1, de 07 de janeiro de 2000, que estabelece o mínimo de 0,15%. No que se refere ao pH, os valores verificados estavam em acordo com a referida legislação (mínimo de 10,5).

O resultado da composição centesimal de frutas cultivadas nos dois sistemas está apresentado na Tabela 4.

Para a banana, foi observada diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os dois tipos de cultivo em relação ao teor de proteínas, sendo que o fruto convencional apresentou maior teor ($1,46 \pm 0,01\%$). Um estudo feito com mangas por Maciel (2009) foi determinada uma quantidade de proteínas maior no fruto cultivado pelo sistema convencional ($0,72 \pm 0,02\%$), resultado concordante com o presente estudo. Tal fato se deve provavelmente à grande presença de fertilizantes enriquecidos com nitrogênio (Tabela 4).

O teor de compostos fenólicos foi maior para banana e maçã (com e sem casca) cultivados sob o sistema orgânico (Tabela 4). Maciel (2009) obteve quantidades maiores de fenólicos totais para a manga orgânica (102,67 mg/100g) quando comparou com o fruto convencional (68,21 mg/100g). Caris – Veyrat et al. (2004) realizaram um estudo visando a comparação do conteúdo de compostos antioxidantes presentes em tomates cultivados orgânica e convencionalmente, expressando maiores teores de polifenóis para o tomate orgânico. Em uma pesquisa realizada no Brasil por Borguini (2006), foi verificado que o tomate proveniente do sistema orgânico apresentou maior teor de fenólicos totais do que o produzido por cultivo convencional. Luthria et al., 2010 observaram valores elevados de fenólicos para berinjelas produzidas sob o sistema orgânico (13,64 mg EAG. $100g^{-1}$), em relação ao convencional (11,61 mg EAG. $100g^{-1}$). Asami et al. (2003) relataram em seu estudo que o conteúdo de fenol endógeno é maior para alimentos orgânicos.

Tabela 4. Composição centesimal e valor energético de frutas cultivadas sob a forma convencional e orgânica.

Frutas	Composição Centesimal (%)	Tipos de cultivos	
		Convencional Média \pm DP*	Orgânico Média \pm DP*
Banana	Umidade	75,90 \pm 0,73 ^a	73,21 \pm 1,91 ^a
	Cinzas	1,30 \pm 0,03 ^a	1,17 \pm 0,04 ^a
	Proteínas	1,46 \pm 0,01 ^a	1,01 \pm 0,01 ^b
	Lipídios	0,28 \pm 0,01 ^a	0,30 \pm 0,01 ^a
	Carboidratos**	21,06 ^a	23,60 ^a
	Valor energético total (Kcal/100g)	92,6	101,14
Mamão	Umidade	90,58 \pm 0,17 ^a	89,85 \pm 0,86 ^a
	Cinzas	0,58 \pm 0,01 ^a	0,56 \pm 0,04 ^a
	Proteínas	3,59 \pm 0,04 ^a	3,22 \pm 0,08 ^a
	Lipídios	0,26 \pm 0,01 ^a	0,28 \pm 0,01 ^a
	Carboidratos**	4,99 ^a	6,09 ^a
	Valor energético total (Kcal/100g)	36,66	39,76
Maçã	Umidade	87,49 \pm 0,10 ^a	88,87 \pm 0,08 ^a
	Cinzas	0,24 \pm 0,02 ^a	0,26 \pm 0,01 ^a
	Proteínas	2,94 \pm 0,15 ^a	2,73 \pm 0,13 ^a
	Lipídios	0,07 \pm 0,02 ^a	0,08 \pm 0,00 ^a
	Carboidratos**	9,26 ^a	8,06 ^a
	Valor energético total (Kcal/100g)	49,43	43,88

(*) Média e desvio padrão de 2 lotes de cada fruta com três repetições. Letras iguais sobrescritas na mesma linha não apresenta significância estatística ao nível de $p \leq 0,05$, segundo o teste *t* de Student. (**) obtido por diferença dos demais.

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina – PI, 2016.

A Tabela 5 apresenta os teores de compostos bioativos e vitamina C em frutas cultivadas sob o sistema convencional e orgânico.

Tabela 5. Teores de compostos bioativos e vitamina C em frutas cultivadas sob a forma convencional e orgânico.

Frutas	Compostos Bioativos (mg/100g)	Tipos de cultivos	
		Convencional Média ± DP*	Orgânico Média ± DP*
Banana	Fenólico totais	36,47 ± 6,04 ^a	45,80 ± 2,55 ^b
	Flavonóides totais	44,28 ± 4,57 ^a	42,42 ± 4,51 ^a
	Antocianinas	0,000259 ± 0,0002 ^a	0,000461 ± 0,0001 ^b
	Carotenóides totais (mg/kg)	-	-
	Taninos	5,28 ± 0,05 ^a	3,50 ± 0,08 ^b
	Vitamina C	2,70 ± 0,43 ^a	3,06 ± 0,29 ^a
Mamão	Fenólico totais	303,48 ± 27,02 ^a	306,40 ± 27,47 ^a
	Flavonóides totais	25,05 ± 9,38 ^a	38,50 ± 3,56 ^b
	Antocianinas	-	-
	Carotenóides totais (mg/kg)	729,01 ± 20,42 ^a	1116,99 ± 27,24 ^b
	Taninos	-	-
	Vitamina C	59,40 ± 12,21 ^a	65,44 ± 12,63 ^a
Maçã com casca	Fenólico totais	35,70 ± 2,93 ^a	45,29 ± 2,45 ^b
	Flavonóides totais	30,91 ± 1,21 ^a	41,78 ± 1,18 ^b
	Antocianinas	-	-
	Carotenóides totais (mg/kg)	367,74 ± 7,94 ^a	384,48 ± 23,31 ^b
	Taninos	3,00 ± 0,20 ^a	3,06 ± 0,20 ^a
	Vitamina C	5,23 ± 0,04 ^a	6,64 ± 0,14 ^a
Maçã sem casca	Fenólico totais	17,83 ± 0,00 ^a	32,12 ± 0,00 ^b
	Flavonóides totais	15,51 ± 0,00 ^a	29,71 ± 3,55 ^b
	Antocianinas	-	-
	Carotenóides totais (mg/kg)	140,00 ± 8,10 ^a	166,05 ± 4,81 ^b
	Taninos	2,74 ± 0,34 ^a	2,75 ± 0,21 ^a
	Vitamina C (mg/100g)	3,28 ± 0,14 ^a	4,27 ± 0,09 ^a

(*) Média e desvio padrão de 2 lotes de cada fruta com três repetições. Letras iguais sobrescritas na mesma linha não apresenta significância estatística ao nível de $p \leq 0$, segundo o teste *t* de Student.

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina – PI, 2016.

O teor de compostos fenólicos foi superior para banana e maçã (com e sem casca) cultivados sob o sistema orgânico (Tabela 4). Maciel (2009) obteve quantidades maiores de fenólicos totais para a manga orgânica (102,67 mg/100g) quando comparou com o fruto convencional (68,21 mg/100g). Caris – Veyrat et al. (2004) realizaram um estudo visando a comparação do conteúdo de compostos

antioxidantes presentes em tomates cultivados orgânica e convencionalmente, expressando maiores teores de polifenóis para o tomate orgânico. Em uma pesquisa realizada no Brasil por Borguini (2006), foi verificado que o tomate proveniente do sistema orgânico apresentou maior teor de fenólicos totais do que o produzido por cultivo convencional. Luthria et al., 2010 observaram valores elevados de fenólicos para berinjelas produzidas sob o sistema orgânico (13,64 mg EAG. 100g⁻¹), em relação ao convencional (11,61 mg EAG. 100g⁻¹). Asami et al. (2003) relataram em seu estudo que o conteúdo de fenol endógeno é maior para alimentos orgânicos.

Toor et al., 2006 verificaram a influência de diferentes tipos de fertilizantes sobre os principais componentes antioxidantes de tomates e concluíram que as fontes de adubos podem ter um expressivo efeito sobre a concentração destes compostos. A utilização de adubos orgânicos aumentou os níveis de fenólicos totais e ácido ascórbico.

O teor de flavonoides totais (Tabela 4) foi maior para os frutos cultivados sob o sistema orgânico para o mamão e maçã (com e sem casca). Resultados semelhantes foram reportados por Oliveira (2012), que obteve maiores quantidades de flavonoides para a ata (orgânica: 4,53 mg. 100 mg⁻¹ e convencional: 1,11 mg. 100 mg⁻¹), maracujá (orgânico: 4,53 mg. 100 mg⁻¹ e convencional: 1,11 mg. 100 mg⁻¹) e tomate (orgânico: 4,37 mg. 100 mg⁻¹ e convencional: 2,57 mg. 100 mg⁻¹). Winter e Davis, 2006; Lima e Vianello, 2011 afirmaram que os teores de flavonoides normalmente são maiores em vegetais produzidos organicamente do que em convencionais, resultado observado neste trabalho.

Valavanidis et al. (2009) observaram que não houve diferença significativa no conteúdo de fenólicos nas maçãs convencionais e orgânicas.

Esses resultados mostram o possível efeito da adubação orgânica como indutor da síntese de compostos fenólicos totais. O cultivo orgânico, devido à ausência de pesticidas, que diminuem a ação de predadores, ocorre um aumento dos compostos fenólicos, incluindo também os flavonoides.

As condições edafoclimáticas e localização exercem grande interferência na biossíntese de compostos fenólicos, pois temperaturas extremas, de maior umidade do ar e menos ensolarados são variáveis favoráveis ao aumento da síntese desses compostos químicos. No entanto, no presente estudo tais variáveis não exerceram influência já que as regiões de cultivo eram próximas.

A concentração de antocianinas obtida na banana orgânica foi de $0,000461 \pm 0,0001$ mg/100, que foi maior do que a da banana convencional ($0,000259 \pm 0,0002$ mg/100g). Wang et al., 2008, relataram que em mirtilos provenientes do sistema orgânico de produção também tinham conteúdo de antocianinas significativamente maior do que os frutos do cultivo convencional. Em um estudo feito por Krolow et al., 2006, foi obtido um teor de antocianinas de 17,60 e 36,29 mg.100g⁻¹ para o morango convencional e orgânico, respectivamente. Souza et al. (2006) obtiveram maiores teores de antocianinas e flavonóis, em morangos utilizando serragem como cobertura da superfície dos canteiros. Estes resultados demonstram que o sistema de cultivo interfere substancialmente na síntese deste fitoquímico. Técnicas agrícolas orgânicas e agroecológicas favorecem na produção de antocianinas pelos frutos.

O teor de taninos verificados na banana orgânica foi significativamente inferior ao da banana convencional (Tabela 4). Não foram encontrados na literatura registros sobre a influência do tipo de cultivo na concentração de taninos em alimentos. Assim, sua concentração varia com mais intensidade de acordo com as condições fisiológicas do fruto. O tanino presente na fruta pode afetar sua cor e o sabor, na banana é responsável pela adstringência em frutas verdes.

Em relação aos carotenoides totais constatou-se maiores teores para o mamão (1116,99 mg/ kg) e maçã com casca (384,48 mg/kg) e sem casca (166,05 mg/kg), cultivados no sistema orgânico, com diferença estatisticamente significativa. Corroborando com os resultados reportados por Maciel (2009), onde foi observado uma grande diferença de teores de carotenoides totais entre mangas cultivadas pelo cultivo orgânico (45,21 µg/ g) e convencional (29,33 µg/ g). Ishida e Chapman (2004) estimaram o conteúdo total de carotenoides e, especificamente, o conteúdo de licopeno em amostras de *ketchup* orgânicos e convencionais. As amostras de *ketchup* produzidas por empresas de alimentos orgânicos apresentaram maiores teores de licopeno e de carotenóides totais. De acordo com Kruse et al. (2001), frequentemente se emprega mais de um herbicida na agricultura convencional para efeito sinérgico de controle de pragas resistentes. Herbicidas diminuem a síntese de carotenoides por meio da inibição da enzima fitoeno desnaturase ou por algum outro processo bioquímico ainda não esclarecido.

Tabela 6. Teores de Licopeno e β -caroteno em frutas cultivados sob à forma convencional e orgânica.

Frutas	Compostos Bioativos ($\mu\text{g}/100\text{mL}$)	Tipos de cultivo	
		Convencional Média \pm DP*	Orgânico Média \pm DP*
Banana	Licopeno	Não Detectado	Não Detectado
	β -caroteno	Não Detectado	Não Detectado
Mamão	Licopeno	50,0 \pm 0,00 ^a	100,0 \pm 0,00 ^b
	β -caroteno	180,0 \pm 0,02 ^a	260,0 \pm 0,03 ^b
Maçã com casca	Licopeno	120,0 \pm 0,00 ^a	8,0 \pm 0,01 ^b
	β -caroteno	160,0 \pm 0,00 ^a	180,0 \pm 0,00 ^a
Maçã sem casca	Licopeno	60,0 \pm 0,00 ^a	1,0 \pm 0,00 ^b
	β -caroteno	60,0 \pm 0,00 ^a	100,0 \pm 0,00 ^b

(*) Média e desvio padrão de 2 lotes de cada fruto com três repetições. Letras iguais sobrescritas entre os tipos de cultivo (convencional e orgânico) não apresenta significância estatística ao nível de $p \leq 0,05$ com intervalo de confiança de 95%, segundo o teste *t* de Student.
Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina – PI, 2016.

O mamão apresentou teores de licopeno com diferença estatisticamente significativa maior para o fruto orgânico (Tabela 6). Dado concordante com Borguine (2002), os teores obtidos de licopeno do tomate orgânico e convencional foram de 2,9 e 2,5 mg/ 100g, respectivamente. Em uma pesquisa feita com morangos realizada por Amaro (2005), observaram-se teores de licopeno que variavam entre 0,033 e 0,063 mg/100g para o fruto orgânico e convencional, respectivamente. Os teores de licopeno sofrem influências de técnicas agrônômicas (manejo, adubação e controle fitossanitário), clima, solo e cultivares. As quantidades de licopeno obtidas nas maçãs com e sem casca foram maiores no fruto convencional, sugerindo que para este fruto as condições do presente estudo houve pouca influência do sistema de cultivo orgânico sobre os teores de licopeno.

Em relação ao β -caroteno foi observada quantidades elevadas do referido composto para o mamão e maçã sem casca cultivados organicamente. De forma semelhante aos resultados reportados no estudo realizado pela *Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments* (AFSSA) sobre a qualidade nutritiva dos alimentos orgânicos em comparação com a dos convencionais, obteve maiores quantidades de β -caroteno no tomate e cenoura orgânicos.

Tabela 7. Atividade antioxidante de frutos cultivados sob a forma convencional e orgânica.

Atividade Antioxidante** (mg de TEAC***/100g)	Tipos de cultivos	
	Convencional Média \pm DP*	Orgânico Média \pm DP*
Banana	2740,83 \pm 119,75 ^a	3170,74 \pm 57,14 ^b
Mamão	5388,71 \pm 37,42 ^a	5912,32 \pm 14,67 ^b
Maçã com casca	1746,60 \pm 3,54 ^a	2222,80 \pm 3,58 ^b
Maçã sem casca	1536,69 \pm 6,58 ^b	1823,64 \pm 2,27 ^b

(*) Média e desvio padrão de 2 lotes de cada fruto com três repetições. Letras iguais sobrescritas entre os tipos de cultivos (convencional e orgânico) não apresenta significância estatística ao nível de $p \leq 0,05$ com intervalo de confiança de 95%, segundo o teste *t* de Student. (**) DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil)

(***) Capacidade antioxidante equivalente ao Trolox

Fonte: Dados da Pesquisa. Teresina – PI, 2016.

De acordo com a Tabela 7, todos frutos orgânicos analisados apresentaram atividade antioxidante maior, com diferença estatisticamente significativa, ao convencional, com exceção da maçã sem casca.

A banana orgânica apresentou maior atividade antioxidante em relação à convencional. Diferente dos resultados reportados por Oliveira (2012), que não obteve diferença significativa entre os tipos de cultivo. No presente estudo é possível atribuir a diferença de atividade antioxidante aos compostos fenólicos observados em quantidade significativamente maior para o fruto orgânico.

No mamão e maçã com casca as diferenças de capacidade antioxidante que favorecem os frutos orgânicos estão relacionadas, além do elevado teor de fenólicos, à

uma maior concentração de carotenoides totais, sendo assim tais compostos contribuem com maior intensidade para a atividade antioxidante.

Resultados semelhantes foram obtidos por Faller e Fialho (2009i), onde verificaram maior atividade antioxidante em mangas produzidas no sistema de produção orgânico do que as colhidas sob sistema convencional. Semelhante, também, ao estudo realizado por Valavanidis et al., 2009, os quais demonstraram que os frutos de algumas cultivares de maçã, produzidos sob o cultivo orgânico, têm atividade antioxidante relativamente maior quando comparada com a maçã convencional.

A maçã sem casca não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os dois tipos de cultivo (Tabela 6). Em pesquisa feita por Oliveira (2012), foi verificado que a atividade antioxidante do maracujá e da ata não variaram significativamente entre os sistemas de produção.

Assim, os teores de vitaminas antioxidantes e compostos fenólicos que são responsáveis pelo aumento da atividade antioxidante em frutos, sofrem interferência não apenas pelo sistema de cultivo, mas também pelo tipo de vegetal, no caso frutas, por condições climáticas, tipo de solo, pluviosidade e condições pós-colheita.

Na Tabela 8 consta a análise de correlação entre a atividade antioxidante e o conteúdo de compostos bioativos.

Pode-se observar que os fenólicos totais, flavonóides, carotenóides totais, licopeno e β -caroteno apresentaram correlação positiva, que variou de moderada a muito forte, destacando-se as frutas cultivadas no sistema orgânico (Tabela 8).

A Tabela 08 demonstra ainda para a banana de ambos os cultivos, os compostos bioativos que apresentaram maior correlação com a atividade antioxidante foram os fenólicos totais e flavonóides totais, com correlação moderada.

Quanto às frutas mamão, maçã com casca e maçã sem casca orgânicos, destacaram-se os compostos bioativos carotenóides totais e o β -caroteno, com forte correlação para a atividade antioxidante, diferente da banana. Podendo-se afirmar que estes compostos foram os que apresentaram maior contribuição para

Tabela 8. Correlação entre atividade antioxidante e o conteúdo de compostos bioativos das frutas em relação aos tipos de cultivo.

Atividade Antioxidante	Compostos Bioativos	Frutas	Tipos de cultivo	
			Convencional	Orgânico
			R²	
DPPH	Fenólicos Totais	Banana	0,627*	0,704*
		Mamão	0,793*	0,719*
		Maçã com casca	0,628*	0,736*
		Maçã sem casca	0,619*	0,798*
	Flavonóides Totais	Banana	0,791*	0,651*
		Mamão	0,689*	0,794*
		Maçã com casca	0,639*	0,785*
		Maçã sem casca	0,614*	0,777*
	Antocianinas	Banana	0,229	0,315
		Mamão	-	-
		Maçã com casca	-	-
		Maçã sem casca	-	-
Carotenóides Totais	Banana	-	-	
	Mamão	0,898*	0,926*	
	Maçã com casca	0,758*	0,801*	
	Maçã sem casca	0,879*	0,905*	
Taninos	Banana	0,452	0,243	
	Mamão	-	-	
	Maçã com casca	0,439	0,488	
	Maçã sem casca	0,697*	0,711*	
Vitamina C	Banana	0,146	0,214	
	Mamão	0,493	0,610*	
	Maçã com casca	0,314	0,398	
	Maçã sem casca	0,325	0,507	
Licopeno	Banana	-	-	
	Mamão	0,653*	0,782*	
	Maçã com casca	0,769*	0,806*	
	Maçã sem casca	0,684*	0,701*	
B-caroteno	Banana	-	-	
	Mamão	0,718*	0,803*	
	Maçã com casca	0,714*	0,814*	
	Maçã sem casca	0,758*	0,806*	

(-) Teste não realizado. Não detectado. (*) $p \leq 0,05$ associação significativa.

R²= Classificação de 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.

a atividade antioxidante das referidas frutas, seguidos dos fenólicos totais e flavonóides totais, conforme a Tabela 8.

6. CONCLUSÕES

- As características físico-químicas da banana foram afetadas pelo sistema de cultivo. O pH apresentou-se menor e a acidez aumentou na banana cultivada organicamente. Foi verificado um maior teor de proteínas para o fruto convencional.
- O conteúdo de vitamina C não sofreu influência dos sistemas de cultivo.
- Quanto aos teores de compostos bioativos, no geral, observou-se influência do sistema de cultivo orgânico nas frutas estudadas, com maiores teores.
- A atividade antioxidante foi maior nos frutos cultivados organicamente, e observou-se uma maior influência para esta atividade na banana dos fenólicos totais e flavonóides totais e dos carotenóides totais e β -caroteno para o mamão, maçã com casca e maçã sem casca.

7. REFERÊNCIAS

AJILA, C. M.; LEELAVATHI, K.; RAO, U. J. S. P. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. **Journal Cereal Science.**, v. 48, p. 319-326, 2008.

ALVAREZ-SUAREZ, J. M. et al. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p. 2490-2499, 2011.

ANDRADE, D. F. **Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, p 470, 2010.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, p. 232-240, 2007.

AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 2005.

AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. **Embrapa -Informação Tecnológica** – Brasília, DF, 2005.

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

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

ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 419-421, 2000.

ASAMI, D. K.; HONG, Y.; BARRETT, D. M.; MITCHELL, A. E. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marion berry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, California, v. 51, n. 5, p. 1237-1241, 2003.

BALSAN, R. Impactos Decorrentes da Modernização da Agricultura Brasileira. **CAMPO-TERRITÓRIO: Revista de Geografia Agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.

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

BARROS, J. D. S.; SILVA, M. F. P. Práticas agrícolas sustentáveis como alternativas ao modelo hegemônico de produção agrícola. **Sociedade e Desenvolvimento Rural on line**, v. 4, n. 2, set., 2010.

BASU, T. K. Potential role of antioxidant vitamins. **Antioxidants in human health and disease**. CAB International, pp. 15-26, 1999.

BECKER, E. M.; NISSEN, L. R.; SKIBSTED, L. H. Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects review. **European Food Research and Technology**, v. 219, p. 561-571, 2004.

BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J.A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.31, n.4, p.507-513, 1988.

BITTENCOURT, J.; QUEIROZ, M.R.; NEBRA, S.A. Avaliação econômica da elaboração de banana passa proveniente de cultivo orgânico e convencional. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.473-483, 2004.

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, p. 217-222, 2006.

BORGUINI, R. G.; OETTERER, M.; SILVA, M. V. Qualidade nutricional de hortaliças orgânicas. **Boletim da SBCTA**, v. 37, n. 1, p. 28-35, 2002.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: Qualidade nutritiva e Segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**. Campinas, v. 13, n. 2, p. 64-75, 2006.

BRASIL. Portaria 126, de 15 de maio de 1981. **Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação da banana**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 maio. 1981.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 01, de 7 de janeiro de 2000. **Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 dez. 2003.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 24 de dezembro de 2003. **Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 dez. 2003.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 5, de 09 de fevereiro de 2006. **Estabelece o Regulamento Técnico da Maçã**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 fev. 2006.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 4, de 22 de janeiro de 2010. **Estabelece o Regulamento Técnico do Mamão**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 jan. 2010.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebens mittel-Wissens chaft& Technologie**. v.22, n.1, p. 25-30, 1995.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutrition Reviews**, v.56, p.317-333,1998.

BUTT, V. S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPF, P. K.; CONN, E. E. (Ed.). The biochemistry of plants: a comprehensive treatise. **New York: Academic**, v. 2, p. 81-123, 1980.

CACACE, J.E.; MAZZA, G. Extraction of anthocyanins and other phenolics from black currants with sulfured water. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 5939-5946, 2002.

CAPECKA, E.; MARECZEK, A.; LEJA, M. Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. **Food Chemistry**, London, v. 93, p. 223-226, 2005.

CARIS-VEYRAT, C.; AMIOT, M. J.; TYSSANDIER, V.; GRASSELLY, D.; BURET, M.;MIKOLAJCZAK, M. Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant micro constituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p.6503–6509, 2004.

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

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. Campinas: Editora UNICAMP, 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

COSTA, A. B. **Atividade antioxidante *in vitro* e antifúngica do noni (*Morinda citrifolia L.*)**. 2011. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição – Universidade Federal do Piauí – Teresina, 2011.

CRUZ, A. P. G. **Avaliação da influência da extração e microfiltração do açaí sobre sua composição e atividade antioxidante**, 2008, 88f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Bioquímica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

DAMO, A. Algumas considerações sobre agroecologia e produção orgânica de alimentos. **Ambiente & Educação**, v. 17, n.1, 2012.

DANGOUR, A.D.; LOCK, K.; HAYTER, A.; AIKENHEAD, A.; ALLEN, E.; UAUY, R. Nutrition-related health effects of organic foods: a systematic review. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.92, n.1, p.203-210, 2010.

DAVIS, D. R.; EPP, M. D.; RIORDAN, H. D. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999.**Journal American College Nutrition**. v. 23, n.6, p. 669-682, 2004.

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.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. **Food Research International**, v. 23, n. 1, p. 561- 568, 2009.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 43, n. 2, p. 211-218, 2009.

DAMODARAN, S.; KIRK L. P.; FENNEMA, O. R.: Tradução Adriano Brandelli et al. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 900p, 2010.

FERREIRA, M.A.J.F.; QUEIRÓZ, M.A.; VENCOSKY, R.; DUARTE. J.B. Pré-melhoramento de uma população de melancia com sistema misto de reprodução. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, p.131-139, 2006.

FERREIRA, I. C. F. R.; BARROS, L.; ABREU, R. M. V. Antioxidants in wild mushrooms. **Current Medicine Chemistry**, v. 16, p. 1543 – 1560, 2009.

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 Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 30, n.1, p. 224-230, jan.-mar, 2010.

FETT, R.; ROCKENBACH, I. I.; RODRIGUES, E.; CATANEO, C.; GONZAGA, L. V.; LIMA, A.; MANCINI-FILHO, J. Ácidos fenólicos e atividade antioxidante em fruto de *physalis peruviana*. **Alimentos e Nutrição**, v.19, n.3, p. 271-276, 2008.

FORMICA, J.V.; REGELSON, W. Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. **Food Chemistry Toxicology** v.33, p.1061-1080, 1995.

FRANCIS, J. K. *Terminalia catappa* L. Indian almond, almendra, Combretaceae, Combretum family. **United States Forest Service**, v. 23, p.541-544, 1989.

GIOVANNONI, J. J. Completing a path way to plan vitamin C synthesis. **Proceedings of the National Academy Science**. v. 104, p. 9109–9110, 2007.

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: John Wiley& Sons, 2001.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e vitamina C**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Dissertação do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos. p. 88, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IMESP, p. 332. 1985.

ISHIDA, B.K.; CHAPMAN, M.H. A comparison of carotenoid content and total antioxidant activity in catsup from several commercial sources in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 8017-8020, 2004.

HARBONE, J. B.; **Phytochemical methods: A guide to modern techniques of plant analysis**, 2nd ed., Chapman and Hall: London, p. 55-136, 1984.

HARBORNE, J.B. **Phytochemical Methods**. London: Chapman and Hall, p. 33-88, 1973.

HOLLMAN, P.C.H., KATAN, M.B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food Chemistry Toxicology**, v.37, p.937-42, 1999.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841-1856, 2005.

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

KROLOW, A. C. R.; SCHWENGBER, J. E.; CASTANEDA, L. M. F. Avaliações físicas e químicas de cinco cultivares de morango produzidos em sistema orgânico. In: **IV Congresso Brasileiro de Agroecologia: Construindo Horizontes Sustentáveis**. 2006, Belo Horizonte, 2006.

KRUSE, N. D.; VIDAL, R. A.; BAUMAN, T. T.; TREZZI, M. M. Sinergismo potencial entre herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenoides. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.4, p.569-575, 2001.

KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. HPLC-DAD-MSncharacterisation of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 110, p. 522-530, 2008.

LIMA, G. P. P.; VIANELLO, F. Review on the main differences between organic and conventional plant-based foods. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 1, p. 1-13, 2011.

LUTHRIA, D.; SINGH, A.P.; WILSON, T.; VORSA, N.; BANUELOS, G.S.; VINYARD, B.T. Influence of conventional and organic agricultural practices on the phenolic content in eggplant pulp: Plant-to-plant variation. **Journal Food Chemistry**, v. 121, p. 406- 411, 2010.

MACHADO, H. et al. Flavonoides e seu potencial terapêutico. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, Juiz de Fora, v. 27, n. 1/2, p. 33-39, 2008.

MACIEL, L. F. **Caracterização físico-química e avaliação de compostos bioativos de mangas (*Mangifera indica* L.) provenientes do cultivo biodinâmico, orgânico e convencional**. 2009, 151f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

MARTÍNEZ, T. F.; MOYANO, F. J. Effect of tannic acid on *in vitro* enzymatic hydrolysis of some protein sources. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 83, p. 456 – 464, 2003.

MELO, E. A. et al. Teores de Polifenóis, Ácido Ascórbico e Carotenoides Totais em Frutas e Hortaliças Usualmente Consumidas, **Brazilian Journal of Food Technology**, v.9, n.2, p.89-94, 2006.

MOOZ, E. D.; SILVA, M. V. Alimentos orgânicos. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.= J. Brazilian, Society for Food and Nutrition*, São Paulo, SP, v. 39, n. 1, p. 99-112, 2014.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V.L.C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**. v.19, p. 265-73, 2006.

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

NASCIMENTO, A.R.; SOARES JÚNIOR, M.S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P.M.; RODRIGUES, J.P.M; CARVALHO, W.T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, v.31, p.628-635. 2013.

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

OLIVEIRA, D. A. G. **Avaliação química, nutricional e sensorial de uma mistura a base de farinhas de arroz, banana e mandioca, enriquecida com outras fontes proteicas**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, SP, ESALQ, 79 p.1997.

ORMOND, J. G. P.; PAULA, S. R. L. de; FAVERET FILHO, P.; ROCHA, L. T. M. da. Agricultura orgânica: quando o passado é futuro. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 3-34, 2002.

PENTEADO, S. R. **Introdução à Agricultura Orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003.

PETRY, H. B.; KOLLER, O. C.; BENDER, R. J.; SCHWARZ, S. F. Qualidade de laranjas 'valência' produzidas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 1, p. 167-174, Março 2012.

PINHO, L.; PAES, M. C. D. Influência do sistema de cultivo no teor de carotenoides em milho-verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS, 21.; SEMINÁRIO LATINOAMERICANO E DO CARIBE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15., 2008, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008.

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, n. 5, p. 1214-1218, 1978.

PORTO, R. G. C. L. **Influência do estágio de maturação no teor de compostos bioativos e atividade antioxidante no cajuí (*Anacardium humile* St. Hill) e castanhola (*Terminalia catappa* L.)**, 2014, 65f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2014.

PURCINO, L.S.; MORAES, A.LC. Pluralidade e Complexidade da Questão Alimentar e Nutricional na Transição do Século XX para o XXI. In: Vilart R, Gutierrez GL, Monteiro MI. Qualidade de vida: evolução dos conceitos e práticas no século XXI. Campinas: Ipes, p.206, 2010.

QUIRÓS, A. R.; COSTA, H. S. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 97-111, 2006.

RAMOS, D.P.; LEONEL, S.; MISCHAN, M.M.; DAMATTO JÚNIOR, E.R. Avaliação de genótipos de bananeira em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.4, p.1092-1101, dez. 2009.

RAO, A.V.; ALI A. Biologically active phytochemicals in human health: lycopene. **International Journal of Food Properties**. v.10, p. 279-88, 2007.

RAO, A.V.; RAO, L.G. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**. v.55, p. 207-16, 2007.

RIBEIRO, I. R., OLIVEIRA, L.M., SILVA, S. O., BORGES A. N. Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 3, p. 774-782, Setembro 2012.

ROCHA, C. B. e SILVA, J. Atividade antioxidante total em tomates produzidos por cultivos orgânico e convencional. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 27-30, jan./mar. 2011.

ROCHA, F. I. G. **Avaliação da cor e da atividade antioxidante da polpa e extrato de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) em pó**. 105f (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

RODRIGUEZ-SANOJA, L. E.; GIUSTI, M.M., WROLSTAD, R. E. Color and Pigment stability of red radish and red-fleshed potato anthocyanins in juice model systems. **Journal of Food Science**, v. 64 n.3, p. 451-456, 1999.

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

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica:**

determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007a. 4 p. (Comunicado Técnico, nº 127).

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

SARMENTO, J. D. A.; MORAIS, P. L. D. de; ALMEIDA, M. L.B.; SILVA, G. G. da; SARMENTO, D. H. A.; BATALHA, S. de A. Qualidade pós-colheita de banana submetida ao cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.1, p.85-93, 2012

SCANDALIO, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defense (review). **Brazilian Journal of Medicine and Biological Research**, v. 38, p. 995-1014, 2005.

SCHUPHAN, W. Nutritive value of crops as influenced by organic and inorganic fertilizer treatment. **Qualitas Plantarum: plant foods for human nutrition**. V.23,n.4, p. 333-358, 1974.

SHAO, H.B.; CHU, L.Y.; LU, Z.H.; KANG, C.M. Primary antioxidant free radical scavenging and redox signaling pathways in higher plant cells. *International Journal Biological Science*. V. 4, p. 8-14, 2008.

HONG, B. B.; ZONG, S. L.; MING, A. S.; QUN S. Dynamic changes of anti-oxidative enzymes of 10 wheat genotypes at soil water deficits. **Biointerfaces** v. 42, p.187–195, 2005.

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**,n.29, p.242-245. 2011.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista Nutrição**, Campinas, n.12, n.1, p. 5-19, 1999.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. J.R. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SMIRNOFF, N. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 3, p.229–235, 2000.

SOUZA, M.C.M. Aspectos institucionais do sistema agroindustrial de produtos orgânicos. **Informações Econômicas**. v.33, n.3, p.7-16, 2003;

SOUZA, L.T.; MARO, L.A.C.; LANZA, F.E.; DIAS, M.S.C.; SANTOS,L.O.; FERNANDES, M.B. Teor de antocianina e flavonóis em morangos cultivados sem a utilização de agrotóxicos no município de Mociminho – MG. Produção do ano de 2004. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 19. 2006, Cabo Frio. Palestras e resumos... Rio de Janeiro: SBF/UENF/UF Rural RJ, 2006.

SPENCER, C. M.; CAI, Y.; MARTIN, R.; GAFFNEY, S. H.; LILLEY, T. H.; HASLAM, E. Polyphenol complexation – some thoughts and observations. **Phytochemistry**, v.27, p.2397-2409, 1988.

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

TEIXEIRA, L.N.; STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, F.A. Comparação de Métodos para Quantificação de Antocianinas. **Revista Ceres**, v. 55, p. 297-304, 2008.

TEIXEIRA, L. J. Q.; POLA C. C.; JUNQUEIRA; M. da S.; MENDES, F. Q. RODRIGUES JUNIOR, S. Cenoura (*Daucus carota*): processamento e composição química. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12, p.1, 2011.

TOOR, R.K.; SAVAGE, G.P.; HEEB, A. Influence of different types of fertilizers on the major antioxidant components of tomatoes. **Journal Food Comp Analysis**. V. 19, n. 1, p. 20- 27, 2006.

TRABER, M.G.; STEVENS, J.F. Vitamins C and E: beneficial effects from a mechanistic perspective. **Free Radical Biology and Medicine**, v.51, p. 1000-1013 2011.

VALAVANIDIS, A.; VLACHOGIANNI, T.; PSOMAS, A.; ZOVOILI, A.; SIATIS, V. Polyphenolic profile and antioxidant activity of five apple cultivars grown under organic and conventional agricultural practices. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, p. 1167-1175, 2009.

VALKO, M. RHODES, C. J.; MONCOL, J.; IZAKOVIC, M., MAZUR, M. Free radical, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. **Chemico-Biological Interactions**, v. 160, p. 1-40, 2006.

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 SweetGrape produzidos em cultivo orgânico e convencional. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), v 9, n. 3, p. 100 -108, 2014.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C. R.; TEIXEIRA, F. C. **Alimentos funcionais: conceitos básicos**. – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 20, 2010.

WANG, S.Y.; CHEN, C.T.; SCIARAPPA, 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, p.5788-5794, 2008.

WATT, B.; MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington: Consumer and Food Economics Research Division, p.198, 1963.

WINTER, C. F. & DAVIS, S. F. 2006. Organic foods. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 9, p. 117-124.

WINTHERHALTER, P.; ROUSEFF, R. Em Carotenoid-Derived Aroma Compounds; **American Chemical Society**: Washington D. C., cap. 1, 2002.

WROLSTAD, R. E.; DURST, R. W., LEE, J. Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, p. 423-428, 2005.

ZAMBERLAM, J.; FRONCHETI, A. **AGRICULTURA ECOLÓGICA Preservação do Pequeno Agricultor e do Meio Ambiente**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2007.

APÊNDICE

Apêndice I

Exemplo: Etapas do preparo das amostras e quarteramento



Mamões maduros e inteiros.



Descascamento



Trituração e homogeneização



Quarteramento: Divisão em quatro quadrados menores.



Quarteramento: Os quadrados opostos são misturados



Armazenamento em sacos de polietileno com fecho ziplock.



Identificação