



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
REDE NORDESTE DE BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA - RENORBIO

ANA MARIA ATHAYDE UCHÔA THOMAZ

**AVALIAÇÃO DAS POTENCIALIDADES BIOTECNOLÓGICAS DA SEMENTE DE
GOIABA (*Psidium guajava* L.)**

FORTALEZA

2014

ANA MARIA ATHAYDE UCHÔA THOMAZ

**AVALIAÇÃO DAS POTENCIALIDADES BIOTECNOLÓGICAS DA SEMENTE DE
GOIABA (*Psidium guajava* L.)**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia/Renorbio e à Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Biotecnologia.

Área de concentração: Biotecnologia Industrial.
Ponto focal: Ceará

Orientador: Prof. Dr. José Osvaldo Beserra
Carioca

FORTALEZA

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- T384a Thomaz, Ana Maria Athayde Uchôa.
Avaliação das potencialidades biotecnológicas da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) / Ana Maria Athayde Uchôa Thomaz – 2014.
225 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Doutorado em Biotecnologia, Fortaleza, 2014.
Área de Concentração: Biotecnologia Industrial.
Orientação: Prof. Dr. José Osvaldo Beserra Carioca.
1. Semente de goiaba. 2. Composição nutricional. 3. Perfil de ácido graxo. 4. Atividade antioxidante. I. Título.

ANA MARIA ATHAYDE UCHÔA THOMAZ

**AVALIAÇÃO DAS POTENCIALIDADES BIOTECNOLÓGICAS DA SEMENTE DE
GOIABA (*Psidium guajava* L.)**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia/Renorbio e à Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Biotecnologia.

Área de concentração: Biotecnologia Industrial.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Osvaldo Beserra Carioca
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a Dra. Selene Maia de Moraes
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Ícaro Gusmão Pinto Vieira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. José Maria Correia da Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À DEUS pela presença constante em minha vida,
conduzindo meus passos.

A Nossa Senhora da Graça, pela sua inestimada
presença e bênção emanada do céu nos momentos em
que recorri a vós.

Aos meus pais, Iran e Catharina, aos meus irmãos,
Daniel e Ryan, e ao meu sobrinho Jairo Neto, pelo
amor, carinho e apoio incondicional e incansável
durante essa caminhada.

Ao José Celso, companheiro de todas as horas felizes
e tristes, pelo amor, paciência, espera e compreensão
dedicado a mim por todos esses anos.

DEDICO

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À minha grande amiga, Eldina, pela paciência, carinho, apoio e convivência durante esse período. Onde com sua ajuda tornou os momentos de angústia mais leves e juntas enfrentamos todos os obstáculos e pedras desse percurso.

Ao José Maria Thomaz e Dona Rosângela, pelas palavras de incentivo e carinho nos momentos mais difíceis.

Ao orientador, José Osvaldo Beserra Carioca, pela acolhida, por todas as correções e críticas sempre construtivas, pelos debates e ensinamentos no decorrer do curso, além de claro, de toda a paciência dispensada a mim.

Aos amigos, José Osvaldo Beserra Carioca e Dona Lúcia, pelo carinho, apoio, incentivo, dedicação e compreensão.

Aos meus familiares, aqui representados pelo meus tios Antônio e Edina, por sempre confiarem no meu potencial e por toda torcida e orações.

Muito Obrigada!!!

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq / Capes e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí – FAPEPI, pela concessão da bolsa.

À indústria produtora de polpa de fruta congelada Nutri Vita, pelo material fornecido.

À Embrapa Agroindústria Tropical, à Universidade Federal do Ceará – UFC e ao Parque de Desenvolvimento Tecnológico – PADETEC.

Ao Laboratório de Referência em Biocombustíveis da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará – NUTEC e à Cooperativa Central dos Produtores de Algodão e Alimentos Ltda.- COCENTRAL.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL. Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos - CCQA. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios.

À amiga Assunção, diretora do Instituto Federal de Educação do Piauí - IFPI, Zona Sul, pela luta, confiança e carinho no decorrer desse curso.

Aos professores, diretores e secretários do Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Piauí – IFPI e do Centro de Ensino Unificado de Teresina - CEUT, pela compreensão, amizade e apoio.

Aos colegas de Pós-Graduação, aos parceiros de laboratório, e aos funcionários do RENORBIO, meus sinceros agradecimentos.

À professora Selene Maia, pela acolhida, por seus esclarecimentos, experiência e empenho frente ao Laboratório de Química de produtos Naturais, cuja estrutura foi fundamental para a realização deste estudo.

Ao professor e amigo Alessandro de Lima, pelas contribuições e ajuda durante o curso e desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Ícaro Gusmão pelo conhecimento transmitido e compreensão durante a realização das análises.

Aos professores José Maria Correia da Costa e Marcos Rodrigues Amorim Afonso, por toda contribuição e respeito destinado na correção deste estudo.

Aos demais professores do curso do RENORBIO, por compartilharem seus conhecimentos.

Aos meus cunhados, Liana, Fernando, Júnior e Jhilliany, pelo apoio, carinho e força que sempre desejaram para mim.

À Laís Maria e à Ana Lina, que com facilidade fazia esquecer de toda a saudade das partidas.

Aos meus amigos, Tia Gorete, Margot, Jô, Leonardo, Fatinha, Luciana e Ivana pela força, apoio, compreensão nos momentos de minha ausência e sobre tudo, por suas orações.

Aos amigos Clécio Martins, Pablito Augusto, Jurandir Silva, Hilton Magalhães, Halisson Araújo e Adailson pela colaboração, ajuda, apoio e orientação durante a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

Às amigas Larissa Lages, Cristiane Alexandrino, Suliane Praciano, Ana Lyvia Rodrigues, Maria José Cajazeiras, Luzara Ribeiro e Elke Montenegro pela força, ajuda, encorajamento, compreensão, e perseverança durante a realização e conclusão deste trabalho.

Aos demais amigos, que direta ou indiretamente também contribuíram para a realização deste estudo.

Muito Obrigada!!!

*“Os alimentos que se jogam no lixo, são alimentos
que se roubam da mesa dos pobres, daqueles que têm fome”*

Papa Francisco

APRESENTAÇÃO

Este projeto de tese está organizado em forma de capítulos. O primeiro capítulo é composto pela revisão bibliográfica e os demais foram elaborados no formato de manuscrito científico. No estudo do levantamento bibliográfico, foram reunidos teorias relevantes e trabalhos mais recentes sobre o panorama da agroindústria da fruticultura, resíduos gerados pela agroindústria de polpa de frutos e sobre goiaba (*Psidium guajava* L.), fruto em estudo. Também foi realizado um estudo mais detalhado sobre as potencialidades biotecnológicas, destacando o potencial antioxidante, compostos bioativos com propriedade funcionais, e sobre toxicidade de extratos frente ao microcrustáceo *Artemia salina* sp. Os itens materiais e métodos, resultados, discussão e referências bibliográficas, encontram-se no próprio manuscrito, dispostos de acordo com as normas de elaboração de artigos para autores, de cada revista. O segundo capítulo é composto pelo artigo que possui como título: “Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó” que descreve um estudo preliminar da aplicação da matéria-prima estuda para consumo humano. O referido estudo foi submetido à revista: *Holos*. Os resultados da composição química, mineral, microbiológica, perfil de ácido graxos, compostos bioativos e toxicidade frente às larvas de *Artemia salina* sp, da semente de goiaba estão apresentados no terceiro capítulo. Este foi submetido à revista *Food Science and Technology*, com o título “Chemical composition, fatty acid profile and bioactive compounds of the guava seed (*Psidium guajava* L.)”. O quarto capítulo foi estruturado com os resultados que compõe o terceiro manuscrito, onde apresenta os tópicos referentes a prospecção fitoquímica, avaliação quantitativa dos compostos fenólicos, flavonóides e taninos totais, atividade antioxidante, pelos métodos DPPH, autooxidação do sistema β -caroteno/ácido linoléico, estabilidade oxidativa do óleo de soja utilizando o método de Rancimat e quantificação e identificação dos compostos fenólicos, com utilização de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos produzidos a partir da semente de goiaba, com o título “Antioxidant activity evaluation and quantification of bioactive compounds by HPLC of the guava seed (*Psidium guajava* L.)” e será submetido ao periódico *Food Chemistry*. Documentos e outras informações relevantes estão apresentados em anexos e apêndices.

UCHÔA - THOMAZ, A. M. A. **Avaliação das potencialidades biotecnológicas da semente de goiaba (*psidium guajava* l.).** Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Ceará. Rede Nordeste de Biotecnologia. Programa de pos graduação em biotecnologia. Fortaleza, Ceará, 2013.

RESUMO

Vários estudos têm associado efeitos benéficos à saúde, ao consumo regular de frutos, vegetais, grãos e à presença de substâncias antioxidantes nesses alimentos, assim, o presente trabalho objetivou avaliar as potencialidades biotecnológicas da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.), e conhecer os principais metabólitos responsáveis por sua atividade antioxidante. Foram analisadas sementes de goiaba vermelha em pó, da variedade Paluma cedidas por uma indústria produtora de polpa congelada de frutos. Foram elaborados produtos de panificação com substituição de 5 e 10% da farinha de trigo pela semente de goiaba em pó, e avaliada a aceitabilidade e a intenção de compra. Foram realizadas análise de composição nutricional, compostos bioativos, qualidade microbiológica e perfil de ácido graxo da semente de goiaba em pó. Extratos acetônico, etanólico e metanólico foram utilizados para quantificar os teores de fenólicos totais, flavanóides totais, taninos totais, determinar a atividade antioxidante por diferentes métodos *in vitro* (DPPH, sistema β - caroteno/ácido linoleico e Rancimat) e avaliar a toxicidade frente à *Artemia salina* sp. Identificou-se e a quantificou-se por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) os compostos fenólicos no extrato acetato de etila. Os resultados permitiram comprovar que a substituição de 5% e 10% de farinha de trigo na massa do bolo doce e na pizza sabor portuguesa apresentaram melhor aceitabilidade e intenção de compra, comparado ao produto sem substituição. A composição química e nutricional da semente de goiaba em pó exibiu quantidades variáveis de macro e micronutrientes, com alta concentração de fibra dietética (63,94 g/100g), proteína (11,19 g/100g), ferro (13,8 mg/100g), zinco (3,31 mg/100g) e reduzido teor calórico (182 kcal/100g). Apresentou também quantidades significativas de compostos bioativos como ácido ascórbico (87,44 mg/100g), carotenoides totais (1,25 mg/100 g), licopeno (182 ± 0.09 μ g/100g) e fibra dietética insolúvel (63,55 g/100g). O perfil lipídico mostrou uma predominância de ácido graxo insaturado (87,06%), especialmente ácido linoléico (w6) e ácido oléico (w9). Não apresentou contaminação microbiana e nem toxicidade frente a *Artemia salina* sp. O extrato acetônico apresentou maior concentração de compostos fenólicos, flavonóides e taninos totais 49,70 \pm 0,48 mgEAG/g; 1,529 \pm 0,04 mgEQ/g; 41,159 \pm 2,64 mgEAT/g, respectivamente. O extrato acetônico também obteve o maior poder antioxidante, no ensaio de DPPH, IC₅₀ de 4,33 \pm 0,08 μ g/mL. No sistema de autooxidação do β -caroteno/ác. linoléico, o extrato etanólico (IC₅₀ 0,193 \pm 0,07 μ g/mL) apresentou atividade antioxidante estatisticamente semelhante ao BHT. Quanto ao ensaio de Rancimat, os extratos etanólico (6,41 \pm 0,07 h) e acetônico (6,35 \pm 0,00 h), conseguiram preservar a estabilidade oxidativa do óleo de soja por um período de tempo maior e estatisticamente não diferiu do óleo de soja adicionado de BHT (6,44 \pm 0,01 h). Dos compostos fenólicos identificados, o resveratrol e a cumarina, foram os que apresentaram maior concentração, 39,0 \pm 0,02 e 48,79 \pm 0,02 mg/100g, respectivamente. Assim, conclui-se que a semente de goiaba pode ser considerada uma fonte rica em compostos antioxidantes. Sua utilização seria uma alternativa viável para evitar o desperdício e contribuir para minimizar o impacto ambiental, além da possibilidade de serem incorporados nas indústrias de alimentos, farmacêuticas e nutracêuticas.

Palavras-chave: Semente de goiaba; Composição nutricional; Compostos bioativos; Perfil de ácido graxo; Atividade antioxidante; Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

UCHÔA - THOMAZ, A. M. A. **Evaluation of biotechnological potential of the guava seed (*Psidium guajava* L.)**. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Ceará. Rede Nordeste de Biotecnologia. Programa de pos-graduação em biotecnologia. Fortaleza, Ceará, 2013.

ABSTRACT

Several studies have associated beneficial effects on health to the regular consumption of fruits, vegetables, grains due to the presence of antioxidants in these foods, and so the present study aimed to evaluate the potential of biotech guava seed (*Psidium guajava* L.), and the main metabolites responsible for its antioxidant activity. Powder from red guava seeds was analyzed, made from the Paluma variety donated by an industry producing frozen fruit pulp. Bakery products were prepared with the substitution of 5 and 10% of wheat flour by guava seed powder, and the acceptability and purchase intent were measured. Analyses of nutritional composition, bioactive compounds, microbiological quality and profile fatty acid of the guava seed powder were carried out. Acetonic, ethanol and methanol extracts were used to quantify the levels of total phenolics, total flavonoids, tannins, to determine the antioxidant activity in different *in vitro* methods (DPPH, β -carotene / linoleic acid system and Rancimat) and to evaluate the toxicity from *Artemia salina* sp. The phenolic compounds in ethyl acetate extract were identified and quantified by high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that replacing 5% and 10% of wheat flour in sweet cake and Portuguese flavor pizza dough showed better acceptability and purchase intention, compared to the product without replacements. The chemical and nutritional composition of guava seed powder exhibited varying amounts of macro and micronutrients, with a high concentration of dietary fiber (63.94 g/100 g), protein (11.19 g/100 g), iron (13.8 mg / 100 g), zinc (3.31 mg/100 g) and reduced calorie (182 kcal/100g). Significant amounts of bioactive compounds such as ascorbic acid (87.44 mg/100g), total carotenoids (1.25 mg/100 g), lycopene (182 \pm 0.09 μ g/100g) and insoluble dietary fiber (63.55 g/100 g) were also found. The lipid profile showed a predominance of unsaturated fatty acid (87.06%), especially linoleic acid (w6) and oleic acid (w9). a microbialogic test showed negative contamination, and no toxicity was found using *Artemia salina* sp. The acetonic extract showed the highest concentration of phenolic compounds, flavonoids and tannins 49.70 \pm 0.48 mgEAG / g; 1.529 \pm 0.04 mgEQ / g; 41.159 \pm 2.64 mgEAT / g, respectively. The acetonic extract also showed the highest antioxidant powder, in the DPPH assay, IC₅₀ of 4.33 \pm 0.08 mg / mL. In the autoxidation of β -caroteno/ linoleic acid system, the ethanol extract (IC₅₀ 0.193 \pm 0.07 mg / mL) showed antioxidant activity statistically similar to BHT. The Rancimat test, the ethanolic extracts (6.41 \pm 0.07 hr) and acetone (6.35 \pm 0.00 hr) were able to preserve the oxidative stability of soybean oil for a longer period of time and did not statistically differ from soybean oil added BHT (6.44 \pm 0.01 hr). Of the phenolic compounds identified, resveratrol and coumarin presented the highest concentrations, 39.0 \pm 0.02 and 48.79 \pm 0.02 mg/100g, respectively. Thus, it can be concluded that guava seed powder can be considered an abundant source of antioxidants. Its use would be a feasible alternative to avoid waste and contribute to minimizing the environmental impact, in addition to its incorporation in the food, pharmaceutical and nutraceutical industries.

Keywords: Guava seed; Nutricional composition; Bioactive compounds; Profile of fatty acid; Antioxidant activity; High performance liquid chromatography (HPLC).

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

CAPITULO I

Figura 1	Exportação brasileira de frutas frescas em valor (US\$) nos anos de 2007 a 2013.....	30
Figura 2	Principais estados exportadores de frutas frescas brasileiras em valor (US\$) e peso líquido (Kg) Fevereiro 2013/2012.....	31
Figura 3	Esquema geral da produção de polpa de fruta congelada.....	37
Figura 4	Arbusto, folhas, flores e fruto da goiabeira.....	41
Figura 5	Cor da polpa e da casca de goiabas.....	42
Figura 6	Produção brasileira de goiabas (ton) por região geográfica, nos anos de 2001 a 2010.....	46
Figura 7	Resíduo de goiaba (semente e polpa) obtido da agroindústria de processamento de polpa de fruta congelada.....	48
Figura 8	Representação da estrutura química do triacilglicerídeo.....	54
Figura 9	Esquema geral da autoxidação de ácidos graxos poliinsaturados.....	55
Figura 10	Diferentes mecanismos de ação dos antioxidantes.....	62
Figura 11	Representação da estrutura fenólica dos antioxidantes sintéticos mais utilizados na indústria de alimentos.....	65
Figura 12	Representação da estrutura química do ácido ascórbico.....	73
Figura 13	Mecanismo de conversão do ácido ascórbico em ácido 2,3 dicetogulônico.....	74
Figura 14	Principais vias do metabolismo secundário e suas interligações.....	81
Figura 15	Via do ácido chiquímico para biossíntese de compostos fenólicos e alguns alcalóides.....	83
Figura 16	Representação da estrutura química do fenol simples.....	83
Figura 17	Classificação dos compostos fenólicos segundo o número de anéis de fenol.....	85
Figura 18	Representação da estrutura química dos flavonóides.....	86
Figura 19	Representação das estruturas químicas da rutina, da quercetina-3-glicosídeo e da quercetina.....	90
Figura 20	Representação da estrutura química das antocianidinas.....	91
Figura 21	Representação da estrutura química dos ácidos hidroxibenzóicos (a) e hidroxicinâmicos (b).....	93
Figura 22	Representação da estrutura química dos isômeros trans-resveratrol e cis-resveratrol.....	94
Figura 23	Via biossintética dos carotenóides em plantas, a partir do GGPP.....	106
Figura 24	Representação das estruturas moleculares de carotenóides, comumente encontradas em alimentos.....	107
Figura 25	Representação da estrutura química do licopeno.....	110
Figura 26	Representação da estrutura química do β -caroteno.....	112

CAPÍTULO II

Figura 1	Fluxograma de obtenção dos resíduos de goiaba e da elaboração das sementes de goiaba em pó.....	166
----------	---	-----

Figura 2	Ficha de avaliação sensorial de bolo doce e pizza sabor portuguesa utilizando a escala hedônica para diversos atributos e a escala de intenção de compra.....	169
Figura 3	Aceitabilidade quanto aos atributos avaliados no bolo doce e pizza sabor portuguesa. F0: controle; F5: substituição de 5% da farinha de trigo; e F10: substituição de 10% da farinha de trigo.....	172

LISTA DE TABELAS E QUADROS

CAPITULO I – TABELA

Tabela 1	Principais países produtores de frutas.....	28
Tabela 2	Área colhida de goiaba no Brasil, regiões geográficas e unidades da federação.....	46
Tabela 3	Quantidade produzida de goiaba no Brasil, regiões geográficas e unidades da federação.....	47
Tabela 4	Exportações brasileiras de goiaba nos anos de 2011, 2012, até fevereiro de 2013.....	47
Tabela 5	Estudos sobre a caracterização química dos resíduos de goiaba e sua aplicação tecnológica.....	49
Tabela 6	Espécies reativas de oxigênio (EROs).....	58
Tabela 7	Patologias relacionadas com a geração de espécies reativas de oxigênio....	59
Tabela 8	Síntese de pesquisas sobre atividade antioxidante em espécies vegetais....	68
Tabela 9	Classes de compostos fenólicos com base na cadeia carbônica principal....	84
Tabela 10	Classes, estrutura química e fontes de flavonóides.....	88
Tabela 11	Ocorrência de compostos fenólicos em alguns frutos.....	102

CAPITULO I – QUADRO

Quadro 1	Características e estrutura química dos compostos fenólicos presentes no resíduo de polpa de goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.).....	115
----------	---	-----

CAPITULO II – TABELAS

Tabela 1	Formulação do bolo doce enriquecido com diferentes percentuais das sementes de goiaba em pó. Teresina, outubro/2012.....	167
Tabela 2	Formulação da pizza sabor portuguesa enriquecido com diferentes percentuais das sementes de goiaba em pó. Teresina, outubro/2012.....	167
Tabela 3	Médias do teste sensorial afetivo e intenção de compra realizados para as formulações de bolo doce com 0% (FA ₀), adicionado de 5% (FA ₅) e 10% (FA ₁₀). Teresina, outubro/2012.....	170
Tabela 4	Médias do teste sensorial afetivo e intenção de compra realizados para as formulações de pizza sabor portuguesa com 0% (FB ₀), adicionado de 5% (FB ₅) e 10% (FB ₁₀). Teresina, outubro/2012.....	171

CAPÍTULO III – TABELAS

Table 1	Physicochemical characterization of powder produced from the seed obtained from processing guava fruit pulp (<i>Psidium guajava</i> L.).....	182
Table 2	Composition of minerals in powder produced from seed obtained from processing guava fruit pulp (<i>Psidium guajava</i> L.).....	184
Table 3	Percentage of fatty acid profile of powder produced from the seed obtained from processing guava fruit pulp (<i>Psidium guajava</i> L.).....	185
Table 4	Bioactive compounds of powder produced from seed obtained from processing guava fruit pulp (<i>Psidium guajava</i> L.).....	186
Table 5	Microbiological analysis of powder produced from seed obtained from	

processing guava fruit pulp (<i>Psidium guajava</i> L.).....	186
---	-----

CAPÍTULO IV – TABELAS

Table 1	Method validation for the chromatographic analysis of resveratrol, Coumarin, quercetin, and rutin in guava seed powder (<i>Psidium guajava</i> L.).....	200
Table 2	Yield, total phenolic content, total flavonoid and total tannin extracts of powder obtained from guava seed (<i>Psidium guajava</i> L.).....	202
Table 3	Antioxidant activity by DPPH, autoxidation system of β -caroteno/linoleic acid and oxidative stability of soybean oil index in extracts of powder obtained from guava seed (<i>Psidium guajava</i> L.).....	203
Table 4	Quantification of bioactive compounds in extracts of powder obtained from guava seed (<i>Psidium guajava</i> L.).....	206

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AA	Ácido ascórbico
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
ABTS	2,2'-azinobis (3-tilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
AE	Eficiência anti - radical
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
ATP	Adenosina trifosfato
BHA	Butil-hidroxianisol
BHT	Butil-hidroxitolueno
CAT	Catalase
CCD	Cromatografia em camada delgada
CG	Cromatografia gasosa
CG-EM	Cromatografia gasosa acoplada a espectrofotometria de massas
cm	Centímetro
CHS	Chalcona sintase
CL ₅₀	Concentração de um agente em um meio que causa mortalidade em 50% da população exposta durante um determinado período de tempo
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
CLAE-EM	Cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrofotômetro de massas
CLAE-UV	Cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectroscopia de ultra-violeta
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COX	Ciclooxigenase
CTC	Capacidade de troca catiônica
CUPRAC	<i>Cupric Reducing/Antioxidant Capacity</i>
cv.	Cultivar
DCF _I	2-6-diclorofenol-indofenol
DHA	Ácido desidroascórbico
DNA	Ácido desoxirribonucléico
DPPH	2,2-Diphenyl-1-picryl- hidrazil
DRI	<i>Dietary reference intake</i>
EAG	Equivalente de ácido gálico
EC ₅₀	Quantidade de antioxidante necessária para reduzir 50% a quantidade de inicial de radicais
EM	Espectrometria de massas
ERN	Espécie reativa de nitrogênio
ERO	Espécie reativa de oxigênio
FAO	<i>Food Agriculture Organization</i>
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
FE	Fase estacionária
FM	Fase móvel
FRAP	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
g	Grama
GGPP	Geranyl geranyl pirofosfato
GOIABRÁS	Associação Brasileira dos produtores de goiaba
GSH-Px	Glutathiona peroxidase

GSH Rd	Glutationa redutase
GSH	Glutationa na forma sulfidril
GSSG	Glutationa oxidada
ha	Hectare
IA	Ingestão adequada
IBRAF	Instituto Brasileiro de Frutas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IV	Infravermelho
Kcal	Quilocaloria
Kg	Kilograma
Km	Kilômetro
Km ²	Kilômetro ao quadrado
L	Litro
LDL	Lipoproteína de baixa densidade do colesterol
LPH	Lactase floridizina hidrolase
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
m ³	Metro cúbico
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
µg	Micrograma
n ^o	Número
NADH	Nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato reduzida
NBR	Norma da Associação Brasileira
nm	Nanômetro
NMP	Número mais provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ORAC	<i>Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay</i>
PAF	Fator de ativação plaquetária
PAL	Fenilalanina amônio liase
PG	Propil galato
pH	Potencial hidrogeniônico
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PQI's	Padrões de Identidade e Qualidade
Q3G	Quercetina-3-o-glicosídeo
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
Rf	Fator de retenção
SEBRAI	Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas
Secex	Secretaria do Comércio Exterior
SGLT- 1	Transportador de glicose sódio-dependente
SOD	Superóxido dismutase
t	Tonelada
TAG	Triacilglicerídeos
TBARS	<i>Thiobarbituric acid reactive substances</i>
TBHQ	Terc-butil-hidroquinona
tEC ₅₀	Tempo necessário para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical
UFC	Unidade formadora de colônia
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS E QUADROS

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

INTRODUÇÃO	19
OBJETIVOS	24
Objetivo geral.....	25
Objetivo específico.....	25
CAPÍTULO I- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
1.0 PANORAMA DA AGROINDÚSTRIA BRASILEIRA E GERAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS.....	27
1.1 Fruticultura Brasileira.....	27
1.2 Agroindústria de polpa de frutas.....	31
1.3 Resíduos da agroindústria de polpa de frutas.....	35
2.0 GOIABA (<i>Psidium guajava</i> L.).....	39
2.1 Aspectos gerais.....	39
2.2 Características botânicas.....	40
2.3 Aspectos físico-químicos, nutricionais e funcionais.....	43
2.4 Produção e comercialização.....	44
2.5 Resíduos gerados no processamento da goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.).....	47
3.0 POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO.....	51
3.1 Biotecnologia.....	51
3.1.1 Histórico.....	51
3.1.2 Biotecnologia e agricultura.....	52
3.2 Atividade antioxidante.....	53
3.2.1 Oxidação lipídica.....	53
3.2.2 Radicais livres consequências para a saúde.....	56
3.2.3 Estress oxidativo e atividade antioxidante.....	60
3.2.3.1 Mecanismo de ação dos antioxidantes.....	61
3.2.3.2 Classificação dos antioxidantes.....	62
3.2.3.3 Tipos de antioxidantes.....	64
3.3 Compostos bioativos com propriedades funcionais.....	71
3.3.1 Ácido ascórbico.....	72
3.3.2 Fibra dietética.....	76
3.3.3 Compostos bioativos derivados do metabolismo secundário das plantas...	80
3.3.3.1 Compostos fenólicos.....	82
3.3.3.1.1 Classificação dos compostos fenólicos.....	84
3.3.3.1.2 Fatores que influenciam o conteúdo de compostos fenólicos em frutas e vegetais.....	95
3.3.3.1.3 Biodisponibilidade e metabolismo dos compostos fenólicos.....	96
3.3.3.1.4 Efeitos biológicos dos compostos fenólicos.....	100
3.3.3.1.5 Ocorrência de compostos fenólicos em frutas.....	101
3.3.3.2 Carotenóides.....	103
3.3.3.2.1 Licopeno.....	110
3.3.3.2.2 β - caroteno.....	111
3.4 Potencial Biotecnológico dos resíduos agroindustriais.....	113

3.5 Ensaio de toxicidade frente ao micr-crustáceo <i>Artemia salina</i> sp (TAS).....	116
REFERÊNCIAS.....	118
CAPITULO II - Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.) em pó.....	163
Resumo.....	164
Abstract.....	164
Introdução.....	165
Materiais e métodos.....	166
Resultados e discussão.....	169
Conclusão.....	172
Referências.....	173
CAPITULO III - Chemical composition, fatty acid profile and bioactive compounds of the guava seed (<i>Psidium guajava</i> L.).....	175
Abstrat.....	176
Introduction.....	177
Materials and methods.....	178
Results and discussion.....	182
Conclusion.....	187
References.....	188
CAPÍTULO IV – Antioxidant activity evaluation and quantification of bioactive compounds by HPLC of the guava seed (<i>Psidium guajava</i> L.).....	192
Abstrat.....	193
Introduction.....	194
Materials and methods.....	195
Results and discussion.....	200
Conclusion.....	207
References.....	208
CONCLUSÃO GERAL.....	212
PERSPECTIVAS FUTURAS	214
ANEXOS.....	216
APÊNDICES.....	219

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A diversidade de clima e microclima fizeram do Brasil um país adequado para produção de frutos. Atualmente, é um dos três maiores produtores mundiais, com uma produção que supera 41 milhões de toneladas de frutas ao ano (FAO, 2012). De todo território nacional, a região Nordeste se destaca por produzir grande variedade de frutos tropicais, nativos e exóticos, com boas perspectivas para exploração econômica. Dentre essas espécies frutíferas, figurando entre as principais, o abacaxi, o abacate, a banana, a acerola, o caju, o coco, a goiaba, o mamão, a manga, o maracujá e a uva (NASCIMENTO, 2010).

O crescimento das atividades agroindustriais no Brasil tem acontecido de forma intensa nos últimos anos para atender a demanda por alimentos, aumentando a produção e a quantidade de resíduos agroindustriais oriundos das atividades de processamento. Muitos frutos comestíveis são processados para fabricação de sucos naturais, sucos concentrados, doces em conserva, polpas e extratos, gerando uma grande quantidade de resíduos que podem chegar a 50% da matéria-prima. Como são poucas as alternativas para utilização desses resíduos, os mesmos são normalmente dispostos no ambiente sem qualquer tratamento (SOUSA et al., 2011).

Neste cenário destaca-se a goiaba (*Psidium guajava* L.), fruto nativo da América tropical, bastante apreciada pelo sabor e aroma característico. A expansão da produção de goiaba no Brasil deve-se não só pela excelente aceitação para o consumo *in natura*, mas também pela ampla aplicação industrial (MARANCA, 1993; RAMOS et al., 2010). Este fruto, além de possuir quantidade regular de ácidos, açúcares e pectinas, apresenta em sua constituição taninos, flavonóides, óleos essenciais, alcoóis, e ácidos triterpenóides (IHA et al., 2008, NASCIMENTO, 2010). A goiaba é excepcionalmente rica em vitamina C, superando o teor da referida vitamina disponível nos sucos cítricos. Alguns estudos evidenciaram ainda que, a polpa e as sementes de goiaba contêm quantidades significantes de fitoquímicos, dentre os quais se destacam os polifenóis (SOONG; BARLOW, 2004; HASSIMOTTO et al., 2005).

O processo respiratório e diversas reações oxidativas, que ocorrem nas células aeróbicas, e a exposição a fatores exógenos, como radiação ultra-violeta e o estresse (SOUZA et al., 2012), levam à formação de substâncias denominadas radicais livres, que contribuem para o aparecimento de muitas doenças, tais como: inflamações, tumores malignos, Alzheimer e doenças cardiovasculares, bem como aceleram o processo de envelhecimento. Assim, as células humanas dependem de agentes antioxidantes para fornecer proteção contra os efeitos prejudiciais desses radicais (SIKORA et al., 2008; MARTINS, 2010). Os antioxidantes são

capazes de estabilizar ou desativar os radicais livres antes que ataquem os alvos biológicos nas células (SOUSA et al., 2012). Para isso, os tecidos dispõem de um sistema antioxidante integrado, que consiste de um arranjo de diversos componentes lipossolúveis (vitamina E; carotenóides), hidrossolúveis (ácido ascórbico; glutathione) e enzimáticos (glutathione peroxidase; superóxido dismutase; catalase) (McLEAN et al., 2005; SILVA et al., 2010; FREIRE et al., 2010; SILVA et al., 2014).

Os compostos fenólicos, a vitamina C, E, e os carotenóides são responsáveis pela atividade antioxidante em frutos e hortaliças (PODSEDEK, 2007; VEDANA, 2008). Os frutos que apresentam principalmente a coloração azul/vermelha são as mais importantes fontes de compostos fenólicos em dietas alimentares, especialmente os derivados do ácido hidroxibenzóico e do ácido hidroxicinâmico, as antocianinas, os flavonóides, as catequinas e os taninos. Muitos destes compostos apresentam diversos efeitos biológicos, incluindo ações antimicrobiana, anti-inflamatória e vasodilatadora (GALICE, 2010).

Aliado às contribuições à saúde, os antioxidantes também têm sido apresentados como tendo função conservadora em alimentos. Eles têm sido definidos pelo FDA (*Food and Drug Administration*) como “substâncias usadas para conservar os alimentos pelo retardamento da deterioração, rancidez causada pela oxidação durante o processamento e o armazenamento” (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006; YAHIA, 2010). Estas substâncias podem ser de origem natural ou sintéticas. O emprego de antioxidantes sintéticos na indústria de alimentos está sendo alvo de questionamentos quanto à inocuidade, havendo a possibilidade desses antioxidantes apresentarem alguma toxidez. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas de modo a buscar fontes potencialmente seguras de antioxidantes naturais em qualquer material de origem vegetal, tais como plantas medicinais, bebidas, e resíduos agroindustriais (ABRAHÃO et al., 2010; DEL RÉ; JORGE, 2012; PÉREZ-BONILLA, 2014).

Muitos estudos já relacionaram a composição química da goiaba com a atividade antioxidante. Mas poucos relataram sobre as propriedades biotecnológicas dos resíduos deste fruto, que gera, aproximadamente, 12 mil toneladas anualmente, constituídas principalmente por sementes. Considerando que estes resíduos são caracterizados como poluentes em potencial, alternativas para redução da quantidade destes são de grande relevância. Conseqüentemente têm surgido esforços que visam o desenvolvimento de novos produtos alimentares e extração de compostos bioativos a partir destes subprodutos, alargando assim as opções de reaproveitamento e valorização dos mesmos. Entretanto, para que sejam adequadamente aproveitados e agregar-lhes valor, é necessário o conhecimento de sua composição química a partir de investigações científicas e tecnológicas.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A.; PEREIRA, R. G. F. A.; DUARTE, S. M. da S.; LIMA, A. R.; ALVARENGA, D. J.; FERREIRA, E. B. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar/abr, 2010.
- BALASUNDRAM, N.; SUDRAN, K.; SUMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by products: antioxidant activity, occurrence and potential uses. **Food Chemistry**, Barking, v. 99, p. 191-203, 2006.
- DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 2, p.389-399, 2012.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Statistical Databases, 2012. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>. Acesso em 12 jan. 2012.
- FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P. de.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n.12, p. 2291-2296, dez, 2013.
- GALLICE, W. C. **Caracterização do potencial antioxidante de vinhos equantificação de fenóis totais e trans-resveratrol utilizando técnicas cromatográficas e espectroscópicas multivariadas**. 2010. 84f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.
- HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 53, p. 2928-2935, 2005.
- IHA, M. S.; MIGLIATO, K. F.; VELLOSA, J. C. R.; SACRAMENTO, L. V. S.; PIETRO, C. L. R.; ISAAC, V. L. B.; BRUNETTI, I. L.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. E. Estudo fitoquímico de goiaba (*Psidium guajava* L.) compotencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Paraíba, v. 18, n. 3, p. 387-393, 2008.
- MARANCA, G. **Fruticultura comercial: mamão, goiaba, abacaxi**. São Paulo, Nobel. 1993. 118p.
- MARTINS, C. A. **Avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo* do guaraná (*Paullinia cupana*)**. 2010. 127f. Dissertação (Mestardo em Nutrição em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.
- McLEAN, J. A.; KARADAS, F.; SURAI, P.; MCDEVITTI, R.; SPEAKE, B. LIPID-SOLUBLE AND WATER-SOLUBLE Antioxidant activities of the avian intestinal mucosa at Different sites along the intestinal tract. **Comparative Biochemistry and physiology**, v. 141, p. 366- 372, 2005.

NASCIMENTO, R. J. **Potencial antioxidante de resíduo agroindustrial de goiaba**. 2010. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2010.

PEREZ-BONILLA, M.; SALIDO, S.; VAN BEEK, T. A.; ALTAREJOS, J. Radical-Scavenging Compounds from Olive Tree (*Olea europaea* L.) Wood. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 144-151, 2014.

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

RAMOS, D. P.; SILVA, A. C. da.; LEONEL, S.; COSTA, S. M.; MATTO JÚNIOR, E. R. da. Produção e qualidade de frutos da goiabeira 'Paluma', submetida à diferentes épocas de poda em clima subtropical. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 5, p. 659-664, set/out, 2010.

SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZYNSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIWUACZ, A.; PISULEWSKI, P. M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, London, v. 107, p. 50-55, 2008.

SILVA, L. M. R. da.; FIGUEIREDO, E. A. T. de.; RICARDO, N. M. P. S.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143 p. 398-404, 2014.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. dos S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul/set, 2010.

SOUSA, C. M. de M.; SILVA, H. R.; VIEIRA JÚNIOR, G. M.; AYRES, M. C. C.; SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. de J. M da.; LIMA, A de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, may/june, 2011.

SOUZA, V. R. de.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of cerrado brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 381-386, 2012.

SOONG, Y. Y.; BARLOW, P. J.; Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, Washington, v. 88, n. 3, p. 411-417, 2004.

VEDANA, M. I. S. **Efeito do processamento na atividade antioxidante da uva**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

YAHIA, E. M. The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. IN ROSA, L. A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; GONZALEZ-AGUILARA, G. A. (EDS.), **Fruit and vegetable phytochemicals chemistry nutritional value and stability**. Wiley-Blackwell: Hoboken, 2010.

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar as potencialidades biotecnológicas da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.), visando conhecer os principais metabólitos responsáveis por sua atividade antioxidante.

Objetivos Específicos

- Desidratar e determinar a composição físico-química e nutricional da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó;
- Avaliar a qualidade microbiológica da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó;
- Identificar e quantificar o perfil de ácidos graxos da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó, por cromatografia gasosa acoplada à espectrometro de massas (CG-EM);
- Elaborar os extratos com diferentes solventes a partir da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó, por extração a quente utilizando aparelho de soxhlet;
- Determinar os principais grupos de
- metabólicos, por meio de análise fitoquímica qualitativa e quantificar o conteúdo de fenólicos totais, flavonóides totais, taninos totais, dos extratos obtidos da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó;
- Avaliar a atividade antioxidante *in vitro* dos extratos da semente de goiaba em pó, utilizando diferentes metodologias;
- Avaliar a estabilidade oxidativa em óleo de soja com adição de extratos obtidos da semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó, pelo método de Rancimat;
- Identificar por cromatografia em camada delgada (CCD) os compostos presentes nos extratos;
- Identificar e quantificar por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), os compostos previamente identificados por CCD;
- Avaliar a toxicidade dos extratos frente ao microcrustáceo *Artemia salina* sp.

CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.0 PANORAMA DA AGROINDÚSTRIA BRASILEIRA E GERAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

1.1 Fruticultura Brasileira

A agroindústria brasileira é um setor que vem, já há algum tempo, gerando divisas e empregos. Segundo dados do IBGE (2011), a agroindústria brasileira apresentou um crescimento, no primeiro semestre de 2010, de 6%, resultado bem superior ao obtido no mesmo período de 2009, porém baixo do assinalado pela média da indústria geral, que foi de 16,2%. Os setores vinculados à agricultura, o maior peso da agroindústria, apresentou resultado de 4,4%, o que foi semelhante aos setores associados ao da pecuária (4,3%).

O exame detalhado da agroindústria evidencia que as divisões agricultura e pecuária respondem, em conjunto, por 93,5% da produção do segmento. A produção industrial de bens derivados e utilizados pela pecuária cresceu 4,5%, destacando-se o aumento acumulado de 13,1% no segmento de aves, enquanto a industrialização de bens associados à agricultura aumentou 3,2%, com ênfase no crescimento de 18,5% na indústria de produtos destinados ao setor (BOLETIM REGIONAL DO BANCO CENTRAL, 2012).

A agricultura brasileira destaca-se em diversidade, qualidade e inovação, sendo a fruticultura um ótimo exemplo. Com diferentes tipos de solos, multiplicidade de climas e a busca constante por novas tecnologias, o País consegue produzir, com qualidade, frutas tropicais, subtropicais e temperadas, muitas das quais não se encontram em outra parte do mundo. Com uma extensão territorial de 8.512.965 Km², o Brasil apresenta uma grande diversidade de frutas o ano inteiro (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2009).

A fruticultura brasileira tem se mostrado como o mais dinâmico setor da economia. Ela cresce ano a ano, e consolida-se como o grande vetor de desenvolvimento do País. Nos últimos anos, aumentou sua área de produção a uma taxa nunca vista antes na história, ampliando suas fronteiras (AGRIANUAL, 2008). Assim, ela apresenta inúmeras vantagens econômicas e sociais, como elevação do nível de emprego, fixação do homem no campo, melhor distribuição de renda regional, geração de produtos de alto valor comercial e expectativas de mercado interno e externo. Os excelentes índices de produtividade e os resultados comerciais obtidos nas últimas safras são fatores que demonstram a vitalidade desse setor, que só tende a crescer e a se desenvolver (IBGE, 2011).

A produção mundial de frutos, no ano de 2011 foi de 728,442 milhões de toneladas. O Brasil se consolida como o terceiro maior produtor mundial de frutas, depois da

China e da Índia, que juntos, os três países, responderam por 43,6% do total da produção no ano de 2011 (TABELA 1). Sua produção anual é de aproximadamente 41 milhões de toneladas, o que representa 5,7% da produção mundial (FAO, 2012). Cerca de 53% da produção brasileira é destinada ao mercado de frutas processadas e 47%, ao mercado de frutas frescas. A base agrícola da cadeia produtiva das frutas abrange 3,0 milhões de hectares e gera 6,0 milhões de empregos diretos (IBRAF, 2009).

Tabela 1- Principais países produtores de frutas.

Países	Área plantada(ha)	Produção (t)	% Produção
CHINA	13.299.094	190.161.340	26,1
INDIA	6.948.950	86.038.600	11,8
BRASIL	2.548.730	41.522.181	5,7
ESTADOS UNIDOS	1.235.325	28.250.377	3,9
TURQUIA	1.337.623	19.240.404	2,6
ITÁLIA	1.317.653	18.052.136	2,5
IRÃ	1.293.834	16.910.521	2,3
ESPANHA	1.609.160	16.893.520	2,3
MÉXICO	1.277.845	16.854.079	2,3
FILIPINAS	1.163.632	16.302.821	2,2
DEMAIS PAÍSES	27.762.043	278.216.372	38,2
Total	59.793.889	728.442.351	100,0

Fonte: FAO, (2012).

A fruticultura brasileira vem, ao longo dos anos, sendo preparada para competir mais ativamente no mercado internacional e como consequência aumentar sua participação na economia do País. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a produção brasileira de frutas aumentou 19%, entre 2001 e 2009. A produtividade foi a principal responsável por esse incremento. Caju, maçã e manga tiveram os maiores aumentos de produtividade. Tanto oferta quanto demanda de frutas foram crescentes. O suprimento *per capita*, que é um reflexo do consumo de frutas, aumentou de 113 kg/hab/ano, em 2001, para 125 kg/hab/ano, em 2009, passando por um pico de 132 kg/hab/ano, em 2006 (BRASIL, 2011).

Segundo o IBGE (2011), a fruticultura nacional apresentou um bom desempenho na temporada 2010, com valor total da produção de R\$ 20,6 bilhões de reais, superando em 16,9% o apresentado no ano de 2009. A área colhida totalizou 2.923.139 milhões de hectares. O país exportou 800.547 mil toneladas de frutas frescas em 2010, que contabilizaram cerca de US\$ 839,5 milhões de dólares. Já no ano de 2011, foram colhidas 45,1 milhões de toneladas, 7,1% superior ao ano anterior, quando os volumes colhidos foram de 42,1 milhões de toneladas.

Em 2011, a área cultivada no Brasil ultrapassou os 68,1 milhões de hectares, um crescimento de 4,3% (2,9 milhões de hectares), alavancado principalmente pela expansão da

soja, do milho e do algodão herbáceo. O valor da produção agrícola alcançou R\$ 195,6 bilhões, um crescimento de 27,1%, impulsionado, de maneira geral, pela elevação dos preços dos produtos agrícolas, que vêm se valorizando desde 2010, seja pelo aumento da demanda ou por redução da oferta, tanto no mercado interno quanto externo (IBGE, 2012).

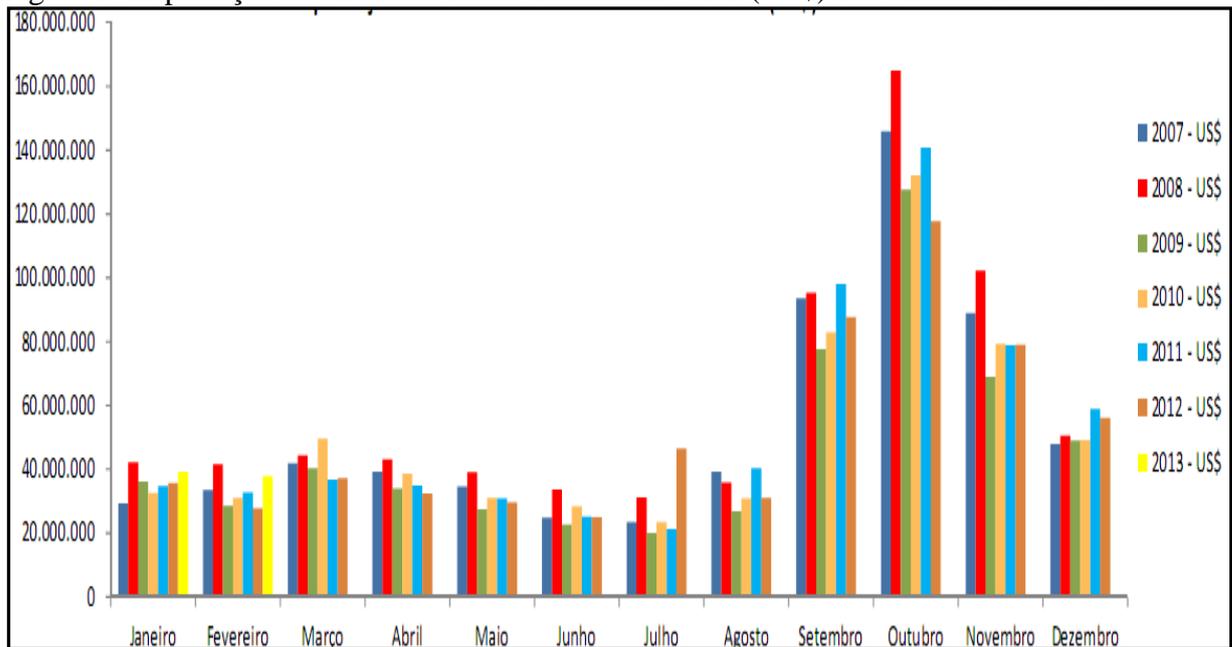
Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas – IBRAF (2013), em 2012 a produção de frutas frescas no Brasil, foi de 43,598 milhões de toneladas. Foram importados 427,314 mil toneladas e exportadas 693,020 mil toneladas. Foram consumidas 22,906 milhões de toneladas de frutas *in natura* e 20,692 milhões de toneladas de frutas foram industrializadas. Neste mesmo ano, obtivemos perdas de 9,162 milhões de toneladas de frutas e o consumo *per capita* foi de 78,84 Kg/habitante/ano.

A balança comercial da fruticultura vem apresentando bom desempenho e segue em curva ascendente. Enquanto as exportações de frutas frescas aumentaram 1,73% em 2012, as importações tiveram queda de 6,91% em volume, sobre 2011. No entanto, os números da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), órgão do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, indicam queda de 2,34% no faturamento, fechando em US\$ 618,821 milhões de dólares (BOLETIM REGIONAL DO BANCO CENTRAL, 2012).

Em fevereiro de 2013 as exportações brasileiras de frutas frescas apresentaram alta de 36,27% em valor (US\$) e 23,53% em relação ao peso líquido (Kg), comparado a fevereiro de 2012. No mesmo período, as importações cresceram 8,62% em valor (US\$) e diminuíram 5,97% em relação ao peso líquido (Kg). A Balança Comercial no mês de fevereiro de 2013 apresentou evolução positiva de 93,38% em relação a fevereiro de 2012. As 10 principais frutas representaram aproximadamente 99% em valor (US\$) e 99,7% em peso líquido (Kg) em relação ao total exportado. O valor (US\$) das exportações em fevereiro de 2013 apresenta uma recuperação em relação aos valores de fevereiro de 2008, período pré crise econômico-financeira, conforme figura 1 (SEBRAE, 2013).

As cadeias produtivas estão trabalhando individualmente para combater seus problemas e em conjunto, de olho no aumento da competitividade das espécies brasileiras. Um foco bem definido é a chance de apresentar as características qualitativas das frutas nacionais ao mundo, dentro do próprio Brasil. O primeiro teste foi ainda em 2013, com a Copa das Confederações, evento preparatório à Copa do Mundo de futebol, que acontecerá em 2014. Se tudo der certo, quando a Olimpíada do Rio de Janeiro chegar, em 2016, o sabor das frutas nacionais já vai ter caído no agrado dos turistas estrangeiros. O lucro deve vir com o aumento das exportações e com a organização dos setores para poder suprir essa demanda (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012).

Figura 1- Exportação brasileira de frutas frescas em valor (US\$) nos anos de 2007 a 2013.



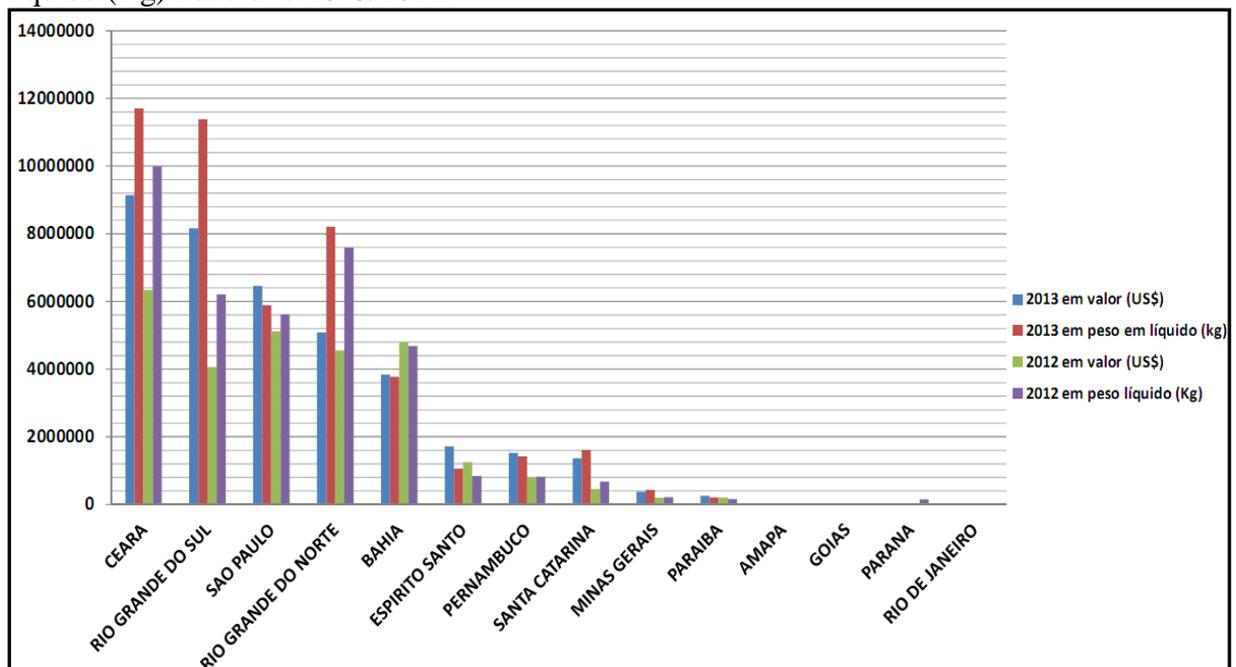
Fonte: Sebrae, (2013).

No Brasil, cujas dimensões continentais e cuja multiplicidade de climas, de Norte a Sul, permitem a produção de praticamente todas as espécies comerciais hoje existentes no mundo, a fruticultura alavanca o progresso regional. Da Amazônia saem frutas únicas, que atijam a curiosidade e cai no gosto, lideradas, claro, pelo açaí; do Nordeste, além de algumas grandes vedetes nacionais, como o melão, a manga, a banana, o abacaxi, a goiaba e o caju, outras, de alcance regional, têm forte expressão cultural; do Sudeste, o maior polo brasileiro da fruticultura, no qual desponta o Estado de São Paulo, ao Centro-Oeste, em franca ascensão, e ao Sul, onde se concentram as temperadas, como maçã e uva, as frutas cumprem papel econômico e social imensurável (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012).

A fruticultura, como atividade comercial, está disseminada em todo o País. No entanto, alguns estados se destacam. São Paulo, sozinho, representa mais de 40% da produção nacional. Segundo o IBGE (2012), no ano de 2011, foram colhidas 19,186 milhões de toneladas em território paulista, do total de 44,954 milhões de toneladas. Na sequência, aparecem com destaque a Bahia, com 5,401 milhões de toneladas (12%); o Rio Grande do Sul, com 2,778 milhões de toneladas (6,17%); Minas Gerais, com 2,690 milhões de toneladas (5,98%); Pará, com 1,665 milhão de toneladas (3,70%); Paraná, com 1,567 milhão de toneladas (3,48%); Santa Catarina, com 1,529 milhão de toneladas (3,40%); Pernambuco, com 1,392 milhão de toneladas (3,09%); Ceará, com 1,374 milhão de toneladas (3,05%); Sergipe, com 1,27 milhão de toneladas (2,8%); Espírito Santo, com 1,176 milhão de toneladas (2,61%); e o Piauí com 155 mil toneladas (0,35%).

A região Nordeste tem dado grande contribuição para os avanços obtidos com a fruticultura nacional. O desenvolvimento agrícola nesta região se apoia, nas condições climáticas, caracterizada pela elevada insolação durante todo o ano, e solos com boa aptidão para irrigação que ajudam a promover a qualidade da produção irrigada de frutas. Estas se adequam não só as exigências do mercado interno, mas, também, às exigências dos consumidores da Europa e da América do Norte, destino das frutas exportadas. Especificamente no semiárido nordestino, a fruticultura irrigada já deu mostras de vitalidade e viabilidade, pelo aumento expressivo de suas exportações e pela melhoria de seus produtos (BATISTA, 2010). Dentre os principais estados exportadores de frutas frescas brasileiras, no mês de fevereiro, nos anos de 2012 e 2013, destacam-se o Ceará e o Rio Grande do Sul, conforme mostra a figura 2.

Figura 2- Principais estados exportadores de frutas frescas brasileiras em valor (US\$) e peso líquido (Kg) Fevereiro 2013/2012.



Fonte: Sebrae, (2013).

Toda essa ampliação e conquista do mercado de frutos no País, se deve ao fato de que cada vez mais os consumidores se preocupam com a qualidade. Alguns fatores que conferem boa qualidade aos frutos são o alto valor de vitamina C, e a presença de carotenóides (β -caroteno) e flavonóides (antocianina). Estes compostos têm despertado interesse, devido às suas importantes funções e ações para a saúde humana, principalmente por atuarem como antioxidantes e sequestrantes de radicais livres, capazes de ajudar a reduzir o risco de enfermidades como o câncer e doenças cardiovasculares (PEREIRA, 2009).

1.2 Agroindústria de polpa de frutos

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas mundiais e vem tornando-se, nos últimos anos, uma grande potência no beneficiamento de sua produção. Produtos que antes eram exportados *in natura*, hoje, passam por diversos processos de industrialização. Em consequência, a agroindústria transformou-se em importante segmento da economia do país (SOUSA, 2009).

O mercado nacional consegue exportar 35 diferentes tipos de frutos e polpa de frutas congeladas para o mundo, dentre elas o mamão, a manga, o caju, a uva, a banana, o abacaxi, a goiaba, a melancia, o açaí, a carambola, o cupuaçu, o melão, a laranja, a tangerina, o umbu, a mangaba, a graviola, a pitanga, a acerola, e tantas outras frutas tipicamente brasileiras, conquistam consumidores em todos os continentes. Aliada a diversidade da produção, contamos com o avanço tecnológico necessário para a mecanização e eficiência da colheita, processamento, embalagem, refrigeração, transporte e flexibilidade comercial para a conquista de novos e importantes segmentos comerciais de exportação (BRITO, 2011).

A agroindústria de sucos e polpas de frutas cítricas e tropicais é bastante relevante no cenário mundial, mas ainda há um grande potencial a ser explorado neste setor. Devido à forte influência da sazonalidade, desenvolvimentos tecnológicos neste setor são essenciais para a preservação do produto. A conservação através do congelamento tem se apresentado como uma boa alternativa para preservar as qualidades intrínsecas das frutas, e evitar o uso de aditivos químicos, indo de encontro às preferências atuais dos consumidores (SOUSA et al., 2005; MARTINS et al., 2010).

De acordo com o Programa Brasileiro de Agricultura Familiar (PRONAF, 2000), as pequenas fábricas de polpa de frutas estão atraindo pequenos produtores rurais, por exigirem investimentos relativamente baixos, e minimizarem as perdas de matéria-prima nos períodos de safra.

O consumo de sucos processados vem aumentando a cada dia, motivado pela falta de tempo da população em preparar suco das frutas *in natura*, pela praticidade que tais produtos oferecem e pela substituição ao consumo de bebidas carbonatadas devido ao seu valor nutritivo e preocupação com o consumo de alimentos mais saudáveis (DANTAS et al., 2010; FREIRE et al., 2013).

Por serem perecíveis, as frutas deterioram em poucos dias e têm sua comercialização *in natura* dificultada a grandes distâncias. Com isso a produção de polpas de frutas congeladas se tornou um meio favorável para o aproveitamento integral das frutas. A polpa de fruta tem também grande importância como matéria-prima, podendo ser produzida nas épocas de safra, armazenadas e processadas nos períodos mais propícios ou segundo a

demanda do mercado consumidor, como doces em massa, geléias, gelados comestíveis, iogurte, néctares e como ingrediente de produtos de laticínios e panificação. (SANTOS, 2011).

Uma das vantagens da industrialização da polpa das frutas é a possibilidade de consumo, em todo o país, de frutas provenientes das diversas regiões, alguma dessas já cobiçadas no mercado externo. Além do congelamento, existem outras técnicas utilizadas na elaboração e preservação de polpa de frutas: pasteurização na embalagem, pasteurização seguida de enchimento a quente (*hot fill*), pasteurização com adição de conservantes químicos e esterilização com envase asséptico. O tipo de técnica depende do tipo de produto final que se deseja obter, bem como da forma de comercialização. Quanto mais simples e mais baratos forem os processos, mais drásticas e mais caras serão as condições de armazenamento requeridas (DANTAS et al., 2010).

Geralmente, as polpas são comercializadas em embalagens flexíveis (sacos plásticos de polietileno) ou *tetra pak*, pela facilidade de manuseio. O tipo de embalagem utilizada no acondicionamento tem influência na vida de prateleira, visto que a vitamina C apresenta baixa estabilidade e está sujeita à degradação pela ação do oxigênio, luz, pH, açúcares e aminoácidos livres (CID; ASTICISARARAN; YBELLU, 1991; DANTAS et al., 2010).

O processamento de polpas e sucos de fruta é uma atividade agroindustrial importante na medida em que agrega valor econômico à fruta, evitando desperdícios e minimizando perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto *in natura*, além de possibilitar ao produtor uma alternativa na utilização das frutas (MORAES, 2006).

A implantação da agroindústria de processamento e comercialização de polpa de frutas no mercado interno e externo são do interesse da agroindústria brasileira e mundial, devido ao crescimento da tendência de consumo interno e internacional. A partir das décadas de 1990 e 2000 o mercado brasileiro de polpa de frutas apresentou expansão em todos os Estados e o mercado externo triplicou sua importância comercial, pois, o Brasil cresceu nesta área e conquistou a condição de maior exportador de polpa e sucos de frutas cítricas e tropicais (BRITO, 2011).

Em uma pesquisa de mercado realizada no estado de Pernambuco, entre o período de outubro/2010 a março/2011, foi constatado que entre os principais fatores associados à compra de polpa de frutas despontam o preço com 24,2% dos entrevistados, a praticidade com 14,6%, seguida da qualidade (12%) e do sabor (10,2%), juntos, estes fatores somam uma participação de 61%, como indutores da decisão de compra do consumidor. A pesquisa

também identificou, que no ano de 2010, os doze tipos de polpa de frutas e as quantidades médias mais comercializadas no estado de Pernambuco foram: a polpa de caju (78,9t), a polpa de umbu (70,5t), a polpa de manga (35,1t) a polpa de goiaba (31,6t) e a polpa de mamão (20,6t) que juntas, somaram uma venda anual de 236.700kg de polpa de frutas comercializadas, as polpas de outras frutas (acerola, graviola, abacaxi, cajá, maracujá, seriguela, laranja), comercializadas em Pernambuco, somaram juntas 50.693kg, o que totalizou em 2010 um total de 287.393 toneladas (BRITO, 2011).

No Brasil a qualidade de polpas de fruta comercializadas é regulamentada pela Instrução Normativa de Nº 1 de 07 de janeiro de 2000 que determina os Padrões de Identidade e Qualidade (PQI's). Esta legislação define polpa de fruta como sendo o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtida de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto. O teor mínimo de sólidos totais será estabelecido para cada polpa de fruta específica (BRASIL, 2000).

Segundo a definição das Normas e Padrões de Qualidade do Ministério da Agricultura, polpa ou purê é o produto obtido pelo esmagamento das partes comestíveis as frutas carnosas, por processos tecnológicos adequados (BRASIL, 1999). A seguir, o produto é preservado por processo físico ou químico adequado.

A polpa de fruta será obtida de frutos frescos, sãs e maduras com características físicas, químicas e organolépticas do fruto. Não deverão conter fragmentos das partes não comestíveis da fruta, nem substâncias estranhas à sua composição normal, devendo ser observada também a presença ou ausência de sujidades, parasitas e larvas (BRASIL, 2000).

No controle de qualidade os parâmetros como acidez titulável, sólidos solúveis, açúcares redutores e totais, vitamina C e pH são importantes para a padronização do produto e análise de alterações ocorridas durante processamento e armazenamento (DANTAS et al., 2010). Vale ressaltar que, a finalidade básica dos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ's) é a proteção do consumidor. Um padrão para alimentos pode ser usado para prevenir a transmissão ou a causa de doenças, para restringir a venda de produtos fraudulentos, ou para simplificar a compra e a venda de determinado alimento. Estas três razões estão interrelacionadas e ganham importância com a produção do alimento em larga escala e com o aumento da aceitação de produtos processados no mercado (SANTOS; COELHO; CARREIRO, 2008).

A ANVISA, através da Instrução Normativa nº 12 de 10/09/99, regulamentou os padrões de identidade e as características mínimas de qualidade para polpas de frutos

destinadas ao consumo como bebida, estabelecendo valores máximos de 1 NMP/g de coliformes e 5×10^3 UFC.g⁻¹ de bolores e leveduras. A resolução RDC nº 12, de 02/01/2001, que estabelece os padrões microbiológicos para alimentos, estabelece valor máximo de 10^2 UFC.g⁻¹ para coliformes termotolerantes, porém não estabelece padrões para bolores e leveduras (BRASIL, 2001).

No caso da polpa ou purê de goiaba a Instrução Normativa de nº 1 de 07 de janeiro de 2000, denomina como sendo o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível da goiaba (*Psidium guajava*, L.), através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais. Esta deverá obedecer às características de cor variável de branco a vermelho, sabor levemente ácido e aroma próprio. Deve apresentar em sua composição o teor de sólidos solúveis em °Brix, a 20°C de no mínimo 7,0, pH variando de 3,5 a 4,2, acidez total expressa em ácido cítrico (g/100g) de 0,40, ácido ascórbico superior ou igual a 40,00 mg/100mg, açúcares totais naturais da goiaba de no máximo 15,00 g/100g e sólidos totais de no mínimo 9,00 g/100g (BRASIL, 2000).

1.3 Resíduos da Agroindústria de polpa de frutos

O desperdício de alimentos é um dos graves problemas que a agricultura mundial enfrenta. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO-ONU), mais da metade da produção de frutas e verduras é desperdiçada na América Latina. Cerca de 20% da produção é jogada no lixo antes de sair da propriedade rural (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2013).

Em todo o mundo, são geradas milhões de toneladas de resíduos provenientes de atividades agroindustriais (PINTO et al., 2005; MAKRIS; BOSKOU; ANDRIKOPOULOS, 2007). Alguns deles são aproveitados como ração animal ou dispostos no campo, entretanto, a maior parte ainda é descartada sem tratamento, causando danos ao meio ambiente. Além disso, o destino dado a esses resíduos, tal como é feito, causa um déficit econômico na cadeia produtiva, uma vez que muitos deles são ricos em compostos bioativos, alguns capazes de combater danos oxidativos causados por radicais livres, como é o caso dos antioxidantes, substâncias de elevado valor comercial. Produzidos como metabólitos secundários de plantas, os antioxidantes possuem larga aplicação nos setores farmacêutico, cosmético e nutricional, além de servirem como aditivos naturais em alimentos, atribuição esta que tem ganhado importância crescente, pois os antioxidantes sintéticos usados pela indústria de alimentos como o BHA (butil-hidroxianisol), o BHT (butil-hidroxitolueno) e o TBHQ (terc-

butilhidroquinona) despertam preocupação quanto as suas doses de segurança e toxicidade (BALASUNDRAM; SUDRAN; SUMMAN, 2006; MELO, et al., 2011).

Como sintoma de desorganização e desestruturação, o desperdício está incorporado à cultura brasileira, ao sistema de produção, à engenharia do país, provocando perdas irrecuperáveis na economia, ajudando o desequilíbrio do abastecimento, diminuindo a disponibilidade de recursos para a população (PEREIRA, 2009).

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO-ONU) estima que o Brasil desperdiça, anualmente, 26,3 milhões de toneladas de comida, enquanto uma grande parcela de pessoas, composta de 15 milhões de brasileiros, não tem o que comer. O desperdício começa na hora do plantio, colheita e armazenamento dos alimentos e continua dentro de casa, quando se acaba jogando no lixo cerca de 60% do que é comprado. Na área de frutas e legumes, estas perdas chegam a 25% da produção total (ABUD; NARAIN, 2009).

Os resíduos agroindustriais são os elementos considerados não diretamente produtivos, que são gerados ao se cultivar, criar e elaborar produtos agrícolas não manufaturados, como frutas, vegetais e grãos (LIRA, 2008). A legislação brasileira através do Decreto nº 4.074/2002 conceitua resíduo como “toda substância ou mistura de substância remanescentes ou existentes em alimentos ou meio ambiente, decorrente do uso ou não de agrotóxicos e afins, inclusive qualquer derivado específico, tais como produtos de conversão e de degradação, metabólitos, produtos de reação e impurezas, considerados toxicológico e ambientalmente importante (BRASIL, 2002).

Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR nº 10.004 define como resíduos “todo material nos estados sólidos e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstico, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (BRASIL, 2004). Resíduos sólidos diferenciam-se do termo lixo porque, enquanto este último não possui nenhum tipo de valor, já que é aquilo que deve apenas ser descartado, aqueles possuem valor econômico agregado, por possibilitarem reaproveitamento no próprio processo produtivo (DERMAJORIVIC, 1995; SANTOS, 2011).

Mais de 3,5 bilhões de toneladas de subprodutos são produzidos anualmente no mundo. Um problema que preocupa a sociedade hoje é o que fazer com a vasta quantidade de resíduos que são acumulados e tendem a causar poluição e deterioração ambiental, assim como dissipação dos recursos naturais (CARIOCA; AURORA, 2000; PINHO, 2009).

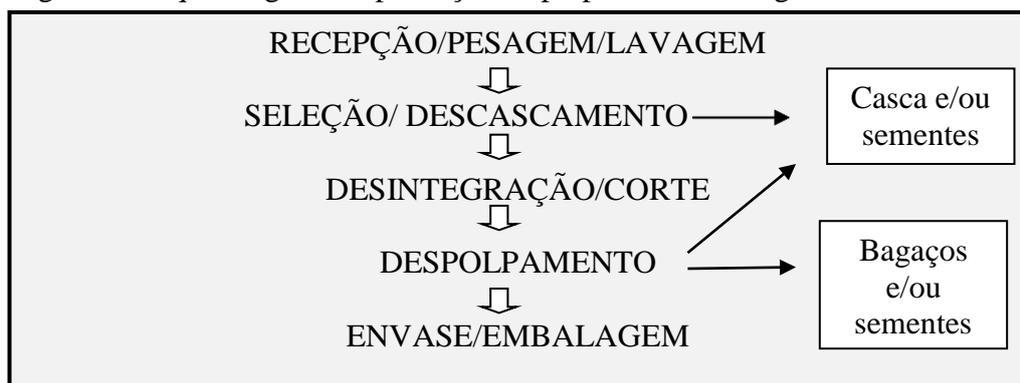
A geração de resíduos está associada ao desperdício no uso de insumos, às perdas entre a produção e o consumo, e aos materiais que, gerados ao longo da cadeia agroindustrial, não possuem valor econômico evidente. Estima-se que, em média, de 20% a 30% da safra de

grãos, de frutas e de hortaliças colhidos no Brasil sejam desperdiçados no caminho entre a lavoura e o consumidor (ROSA et al., 2011).

A indústria de alimentos, em especial a de processamento de frutos, produz ao longo de sua cadeia produtiva uma grande quantidade de resíduos agroindustriais, o que gera perda de divisas, além de inúmeros problemas ambientais. Essa quantidade de resíduos, segundo alguns autores, constitui 65-70% da massa total dos frutos, com algumas variações, conforme a espécie do fruto (SOUSA et al., 2011; ESPÍRITO SANTO et al., 2012).

De uma maneira geral, as agroindústrias têm se preocupado pouco com o destino desses resíduos gerados pelo processamento dos frutos, os quais geralmente são amontoados em áreas próximas às unidades processadoras, onde entram em decomposição, causando sérios danos ao meio ambiente. No entanto, há um enorme potencial no estudo e uso desses resíduos na nutrição humana (ROBERTO, 2012). Os principais resíduos gerados pelo processamento da agroindústria de frutas tropicais são constituídos de casca, semente ou caroço e bagaço, gerados como efluentes na produção de sucos, polpas e/ou qualquer processamento utilizado. Estes por sua vez, possuem, em sua composição, vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos, como antioxidantes, entre outros. A utilização desses resíduos poderia minimizar o desperdício de alimentos, bem como gerar uma nova fonte alimentar (SOUSA et al., 2011; COSTA, 2012). As etapas da produção de uma polpa de frutas congelada, onde são gerados estes resíduos, variam muito de acordo com o tipo de fruta utilizada, mas um esquema geral é mostrado na figura 3.

Figura 3- Esquema geral da produção de polpa de fruta congelada.



Fonte: Dias; Alves, (2010).

- a) Recepção da matéria-prima: as frutas ao chegarem, são descarregadas, pesadas e enviadas diretamente para a linha de produção;
- b) Lavagem: as frutas são imersas em tanques contendo água tratada e filtrada, para redução das sujidades mais grosseiras e de outros materiais estranhos;

- c) Seleção: as frutas são pesadas e selecionadas quanto ao seu ponto de maturação. Aquelas sem condição de despulpamento devem ser dispensada neste momento;
- d) Descascamento/corte: as frutas são descascadas e cortadas em pedaços;
- e) Despulpamento: separação da polpa do material fibroso e das sementes;
- f) Envase e embalagem: realizado em sistema semi-automático. A polpa é colocada no tanque do dosador e para preenchimento adequado regula-se a máquina para a medida desejada. Outro operário fecha os sacos plásticos na seladora. O produto é normalmente comercializado em embalagens contendo 100 gramas. Outra opção é o sistema de embaladeira automática, onde o fluxo é semelhante, porém não há manuseio das embalagens.

Em algumas etapas do processamento (FIGURA 3) para obtenção da polpa de fruta congelada são originados resíduos que podem ser reaproveitáveis, dentre essas etapas destacam-se:

- a) Descascamento/corte: nesta etapa obtém as cascas e/ou semente;
- b) Despulpamento: nesta etapa obtêm-se o bagaço (casca e ou sementes), que ficam retidas na despulpadeira (DIAS; ALVES, 2010).

O descarte de resíduos, de forma adequada, é muito importante. Diversas resoluções que tratam deste tema estão em constantes revisões e atualizações, com objetivo de normatizar a forma adequada de descarte, bem como as possíveis penalizações, quando esse descarte é feito de forma inadequada. Nesse sentido, pode-se destacar a NBR 10.004 (BRASIL, 2004), que trata da classificação dos resíduos sólidos, visando, assim, o gerenciamento desses e a Lei 9.605 do CONAMA (BRASIL, 1998), lei dos crimes ambientais, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

Devido à crescente preocupação com o meio ambiente é dada atenção especial ao aproveitamento dos resíduos gerados pelo setor agrícola e pela indústria de alimentos, buscando-se soluções para reduzir possíveis impactos ambientais, diversos estudos sobre a composição de frutos e resíduos agroindustriais brasileiros têm sido realizados com o intuito de que estes sejam adequadamente aproveitados. Para agregar-lhes valor, é necessário o conhecimento dos seus constituintes, através de investigações científicas e tecnológicas (VIEIRA et al., 2009). Abud e Narain (2009) estudaram o aproveitamento de resíduos do processamento de frutas como umbu, goiaba, acerola e maracujá, a partir da farinha do resíduo desidratado na incorporação de biscoitos; Kobori e Jorge (2005) estudaram as

características físico-químicas dos óleos extraídos de semente de tomate, laranja, maracujá e goiaba, utilizados na produção de extratos, polpas e sucos concentrados, como aproveitamento de resíduos industriais; Rebouças, Gentil e Ferreira (2008), efetuaram a caracterização física de frutos e sementes de goiaba-da-costa-rica (*Psidium friedrichsthalianum*), produzidos em Manaus, Amazonas.

2.0 GOIABA (*Psidium guajava* L.)

2.1 Aspectos Gerais

Segundo Gonzaga Neto e Soares (1994), a origem da goiabeira tem sido objeto de muita especulação. A dúvida reside, sobretudo, em saber se ela é de origem asiática ou americana. As primeiras referências à goiabeira datam do período compreendido entre 1514 e 1557, realizadas pelo cronista espanhol Oviedo em visita ao Haiti. Nessa ocasião, Oviedo denominou a goiabeira de guayabo, nome comum dado nos países de língua espanhola da America Tropical (POPENOE, 1974). Os franceses adotaram a forma goyave; os alemães, guajava; e os ingleses, guava (PEREIRA; MARTINEZ JÚNIOR, 1986; SOUZA, 2011).

Existem aproximadamente 324 espécies de goiabas conhecidas nas regiões tropicais da América Central e América do Sul, distribuídas e cultivadas principalmente em países subtropicais e tropicais. Do gênero *Psidium* as variedades mais difundidas são a Paluma, Pedro Sato, Ogawa e Kumagai (MANICA et al., 2000; LIMA et al., 2010).

A goiaba é uma fruta considerada muito importante dentro do contexto da fruticultura brasileira e encontrando-se em expansão. Embora sua produção no Brasil esteja concentrada nos meses de janeiro a março, a comercialização da fruta ocorre o ano todo. O aumento no consumo está associado à grande divulgação das qualidades nutricionais, sensoriais e biofuncionais da fruta. Por se tratar de uma fruta altamente perecível, o conhecimento de sua fisiologia pós-colheita é fundamental para o emprego adequado de tecnologias, visando aumentar o período de conservação. Após a colheita de frutas e hortaliças inicia-se uma série de processos degradativos que aceleram a senescência, causando perdas de grande parte da produção. Diversas dessas perdas podem ser atribuídas à ação de enzimas durante a pós-colheita (ZANATTA; ZOTARELLI; CLEMENTE, 2006).

O mercado de frutas frescas remunera melhor a goiaba de polpa vermelha, mas para a produção comercial das variedades de polpa branca devem ser as preferidas por apresentarem uma vida pós-colheita bem mais longa, como também por exalarem um perfume

discreto, o que as torna mais finas e delicadas (MATITIUZ, 2004; ZANATTA; ZOTARELLI; CLEMENTE, 2006).

A goiaba pode ser consumida ao natural, mas também é excelente para se preparar doces em pastas, sorvetes, coquetéis e a tão conhecida goiabada. Ao natural contém bastante vitamina C e quantidades razoáveis de pró-vitamina A e vitaminas do complexo B, além de sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro. De modo geral, não tem muito açúcar e quase nenhuma gordura, sendo indicada para qualquer tipo e dieta e, de preferência, deve ser comida crua, pois é a forma em que conserva toda a sua propriedade nutritiva. É contra-indicada apenas para pessoas que tenham o aparelho digestivo delicado ou com problemas intestinais (MEDINA et al., 1980). Diversas pesquisas tem atribuído a goiaba (*Psidium guajava* L.), muitas aplicações medicinais como ação antibacteriana, anti-inflamatória, anti-malária, hemostático, antispasmódico, anti-diarréico, anti-diabética, anti-reumatismo (FASOLA; OLOYEDE; APONJOLOSUN, 2011).

2.2 Características botânicas

A família Myrtaceae é representada por, aproximadamente, 133 gêneros e 3.800 espécies (WILSON et al., 2001). Muitas mirtáceas apresentam elevado valor econômico, como o eucalipto (*Eucalyptus* spp.), utilizado na produção de madeira e na produção de aromatizantes, e a goiabeira, frutífera nacionalmente apreciada pelas características de seus frutos, que são consumidos *in natura* ou industrializados (FRANZON et al., 2009).

Alguns gêneros de frutíferas destacam-se dentro da família Myrtaceae, como por exemplo, *Feijoa*, *Eugenia*, *Myrciaria*, também conhecida como *Plinia* (DANNER et al., 2007) e *Psidium*. No gênero *Feijoa*, a principal espécie é a *Acca sellowiana* Berg, conhecida como feijoa, goiabeira-serrana; no gênero *Eugenia*, a principal espécie é a *Eugenia uniflora* L., conhecida como pitangueira; no gênero *Myrciaria* ou *Plinia*, encontra-se a jabuticabeira e em *Psidium*, a goiabeira e o araçazeiro (MANICA et al., 2000; ALTOÉ, 2011).

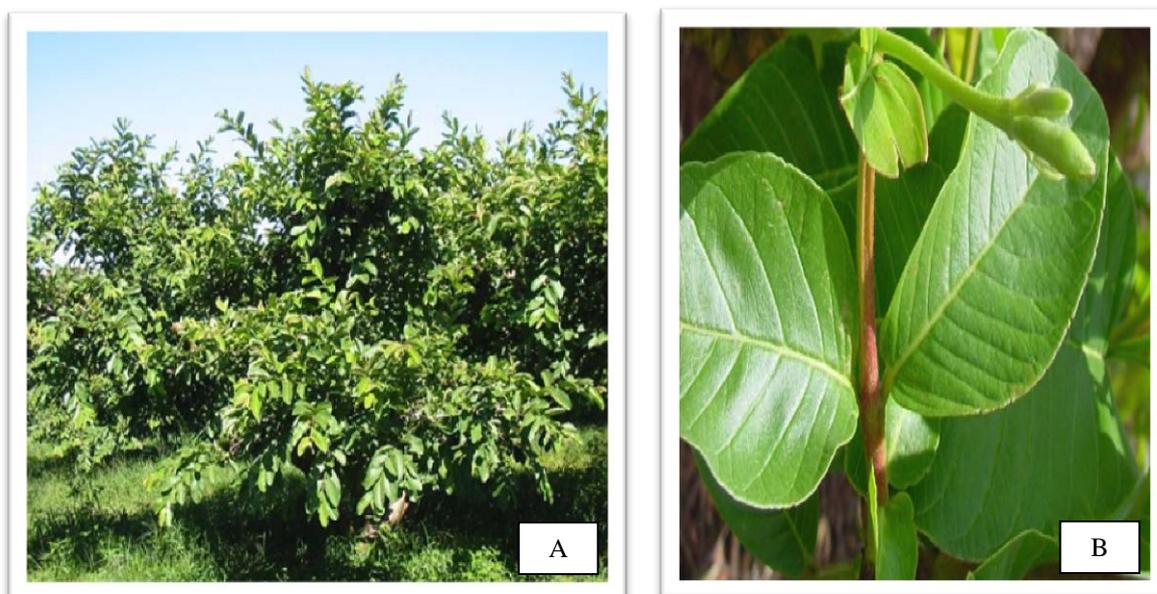
A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é originada nas regiões tropicais americanas, onde aparece vegetando desde o México até o sul do Brasil, levadas primeiramente por navegadores espanhóis e portugueses. Também é conhecida pelos nomes de araçá-guaçu, araçá-iba, araçá-das-almas, araçá-mirim, araçauaçu, araçá-goiaba, goiaba, goiabeira-branca, goiabeira-vermelha, guaiaba, guaiava, guava, guiba, mepera e pereira. Atualmente, é cultivada em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo (MATITIUZ, 2004).

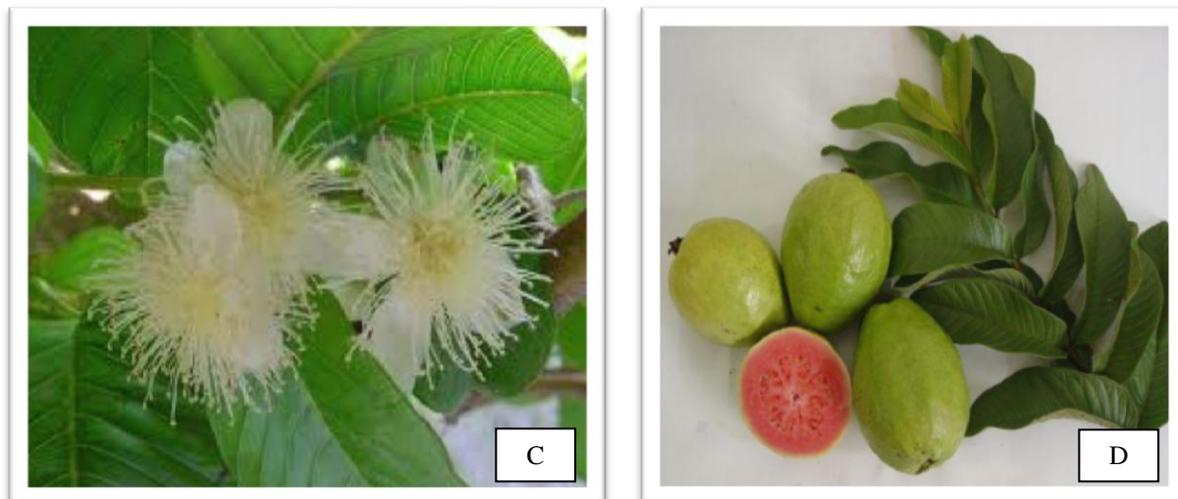
A goiabeira foi classificada inicialmente, do ponto de vista botânico, em função da forma e coloração dos frutos produzidos. Havia, pois, a *Psidium pomiferum*, que produzia frutos redondos, elípticos e com polpa de coloração vermelha, e a *Psidium pyriferum*, cujos frutos eram piriformes e tinham polpa de coloração branca ou rosada (MAIA; HOLANDA; MARTINS, 1998).

A goiabeira pertence à classe Magnoliopsida, ordem Myrtiliflorae, subordem Myrtineae, família Myrtaceae, gênero *Psidium* e espécie *Psidium guajava* L. O gênero *Psidium* compreende cerca de 150 espécies, das quais a goiaba comum (*Psidium guajava* L.), o araçá (*Psidium cattleianum* Sabine), a goiaba pêra (*Psidium pyriferum* L.) e a goiaba maçã (*Psidium pomiferum* L.) são algumas das espécies importantes (PABU; MURAKAMI; WATLINGTON, 2006; GULL et al., 2012).

A goiabeira é uma planta que, segundo Alves e Freitas (2007), beneficia-se mais da polinização cruzada, pois esta incrementa sua produção em até 39,5%. A planta é um arbusto de árvore de pequeno porte, que pode atingir de 3 a 6 metros de altura, com casca lisa, delgada que se desprende em lâminas. As folhas são opostas, tem formato elíptico-ablongo e caem após a maturação. As flores são brancas, hermafroditas, eclodem em botões isolados ou em grupos de dois ou três, sempre nas axilas das folhas e nas brotações surgidas em ramos maduros (FIGURA 4) (SANTOS, 2011; BIAZATTI, 2013).

Figura 4- Arbusto, folhas, flores e fruto da goiabeira.



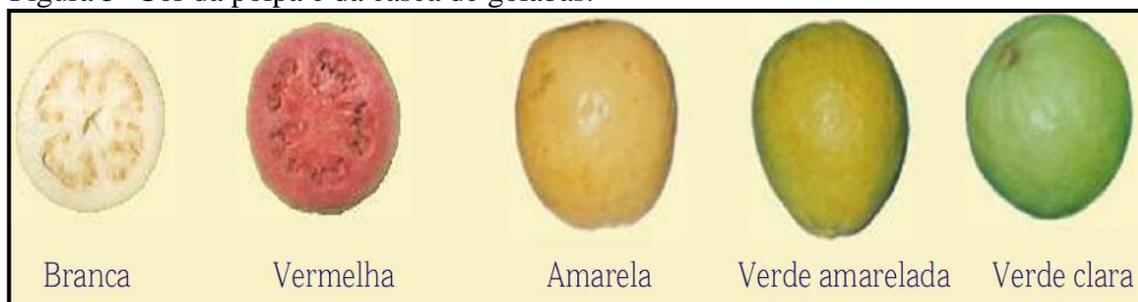


Fonte: Autora, (2010); Jacomino, (2012).

Onde: A = Arbusto; B = folhas; C = flores; D = fruto cultivar paluma

O fruto apresenta forma arredondada ou baga globosa, ovóide ou piriforme, de 4 – 12 cm de comprimento coroado pelo cálice, comumente de cor amarelada (na maturação), com polpa sucosa variando de cor brancacenta ou amarelada a rosada ou avermelhada e casca de cor amarela, verde amarelada e verde clara (FIGURA 5), de sabor doce ou pouco ácido, com um forte e agradável aroma, sementes numerosas, reniformes ou achatadas, duras, de cor amarelada com 2 a 3 mm ou pouco mais de comprimento (MEDINA et al., 1980; ZAMBÃO; BELLINTANI NETO, 1998).

Figura 5- Cor da polpa e da casca de goiabas.



Fonte: CEAGESP, (2012).

Os frutos podem ter variação no seu tamanho e forma, na espessura e cor da casca, na espessura e cor da polpa, na acidez, no aroma e no sabor da polpa. Quanto ao tamanho, os frutos podem ser grandes (acima de 200g), médios (100 a 200g) e pequenos (menos de 100g) (MAIA; HOLANDA; MARTINS, 1998; FERNANDES et al., 2007). A goiaba (*Psidium guajava*, L.) é um dos frutos que pode se desenvolver em condições adversas de clima (GONGATTI NETTO; GARCIA; ARDITO, 1996). Faz parte do grupo de frutos climatérica, ou seja, que amadurece após a colheita, apresenta alta taxa respiratória, alta produção de etileno e alta sensibilidade a este hormônio. Por estes motivos apresenta curto período de

conservação necessitando ser comercializada rapidamente após a colheita (AMARANTE et al., 2008).

2.3 Aspectos físico-químicos, nutricionais e funcionais

Do ponto de vista nutricional, a goiaba é excelente fonte de vitaminas, minerais, fibras, carotenóides e compostos fenólicos, contudo o consumo da goiaba *in natura* ainda é baixo no país (aproximadamente 300g/hab/ano) (IEA – SP, 2007; TASCA, 2007). Segundo a tabela brasileira de composição de alimentos, a goiaba apresenta a seguinte composição nutricional por 100 g da fruta: umidade (85,00g), energia (60 Kcal); proteína (1,1g); lipídios (0,4g); carboidrato (13,00g); fibra alimentar (6,2g); cinzas (0,5g); magnésio (7mg); manganês (0,09mg); fósforo (15,00mg); ferro (0,2mg); potássio (198,00mg); cobre (0,04); zinco (0,1mg); piridoxina (0,03mg); vitamina C (228,3 mg) (FRANCO, 2001).

A goiaba (*Psidium guajava* L.), é reconhecida na agroindústria como sendo um super alimento, e tem recebido atenção especial devido as suas características de benefícios á saúde, por apresentar em sua composição, compostos bioativos e elementos funcionais (VERMA et al., 2013). Graças aos esforços da Associação Brasileira dos Produtores de Goiaba - Goiabrás, muito tem sido descoberto a respeito da goiaba nos últimos tempos. Dessa forma, sabemos agora que a goiaba constitui, das normalmente consumidas, a fruta mais rica em licopeno, com o dobro da quantidade presente no tomate (YAN; TENG; JHI, 2006; RAO; RAO, 2007; SANTOS; CORRÊA; COSTA, 2011; LAGO-VANZELA et al., 2013), este é o carotenóide que tem recebido atenção internacional pela possível capacidade de atuar na prevenção e combate a diferentes doenças. Esse nutriente é muito importante, pois, de todos os carotenóides, é o que se apresenta em níveis mais altos no sangue e que mostra atividade antioxidante poderosa. Há evidências científicas crescentes de que o aumento do teor de licopeno na dieta reduz o risco de desenvolvimento de uma variedade de tipos de câncer (mais notavelmente o de próstata), assim como o risco de doenças coronárias. Em adição ao destaque dado ao licopeno, a goiaba também é rica em beta-caroteno, outro poderoso antioxidante. Ele é convertido em vitamina A no corpo humano. A vitamina A deve sua importância ao fato de manter a visão, as células e os tecidos da pele saudáveis, além de colaborar no crescimento dos ossos e no combate às infecções (BATISTA, 2010; KADAM; KARSHIK; KUMAR, 2012; CRUZ, 2013). Além desses carotenóides, apresenta também quantidades significativas de β -criptoxantina, γ -caroteno, criptoflavina, luteína e fitotolueno (MERCADANTE; STECK; PFANDER, 1999; VERMA et al., 2013).

Sabe-se também que a goiaba é uma fruta rica em zinco, niacina e vitamina E, cada qual desempenhando papel significativo na manutenção da saúde humana. Da mesma forma, a goiaba apresenta de três a quatro vezes o teor de vitamina C da laranja, que desempenha papel essencial na formação de colágenos, que são responsáveis pelo fortalecimento dos ossos e dos vasos sanguíneos e pela fixação dos dentes nas gengivas. Além do mais, mostra teores elevados também de selênio, cobre, fósforo, magnésio, cálcio, ferro, ácido fólico e vitaminas A, B1, B2 e B6 (UCHÔA, 2007; BATISTA, 2010). Quantidades satisfatórias de compostos fenólicos representados pelos taninos, quercetina, campferol, rutina, miricetina, apigenina, ácido elágico e antocianina são também citadas para sua composição química (LIMA, 2008; VERMA et al., 2013). Koo e Mohamed (2001), citado por Musa et al. (2011), reporta valores de miricetina e apigenina de 549,5 e 579,0 mg/kg em base seca, respectivamente. O óleo de goiaba é uma boa fonte de ácido linoléico, como ácido graxo essencial, podendo ser utilizado com vantagens nutricionais, misturando-o com outros óleos comestíveis de alta saturação para resultar num novo óleo com valores nutricionais modificados (KOBORI; JORGE, 2005).

Considera-se geralmente que os diferentes parâmetros, tais como a estação, a variedade, os estágios de maturidade e as condições climáticas influenciam a composição fitoquímica de frutos (CORDENUNSI et al., 2002). Diferentes partes da goiaba tem sido tradicionalmente utilizada na medicina popular de várias civilizações (GUTIERREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008). Um óleo essencial a partir de isolado as folhas tem demonstrado propriedades anticâncer (MONOSROI; DHUMTANOM; MANOSROI, 2006). O extrato da casca tem sido utilizado para o tratamento da diabetes (OH; LEE; LEE, 2005; GULL et al., 2012). As folhas têm sido amplamente utilizados para o tratamento de diarreia, da infecção bacteriana, da dor e da inflamação (OJEWOLE, 2006; GULL et al., 2012). De acordo com Hui-Yin e Gow-Chin (2007) os extratos da folha de goiaba (*Psidium guajava* L.) exibiu boa atividade antioxidante, bem como a capacidade de eliminação de radicais livres.

2.4 Produção e comercialização

O comércio mundial da goiaba e seus derivados ainda não alcançou uma expansão tão significativa quanto outras frutas, como a banana, a laranja e a uva, por exemplo, até porque a preferência do mercado internacional é pela fruta de polpa branca e a produção e o consumo brasileiros estão direcionados a goiaba de polpa vermelha (AMARANTE et al., 2008). Sabe-se que o ranking mundial é liderado pelo Brasil, Paquistão, México, Egito,

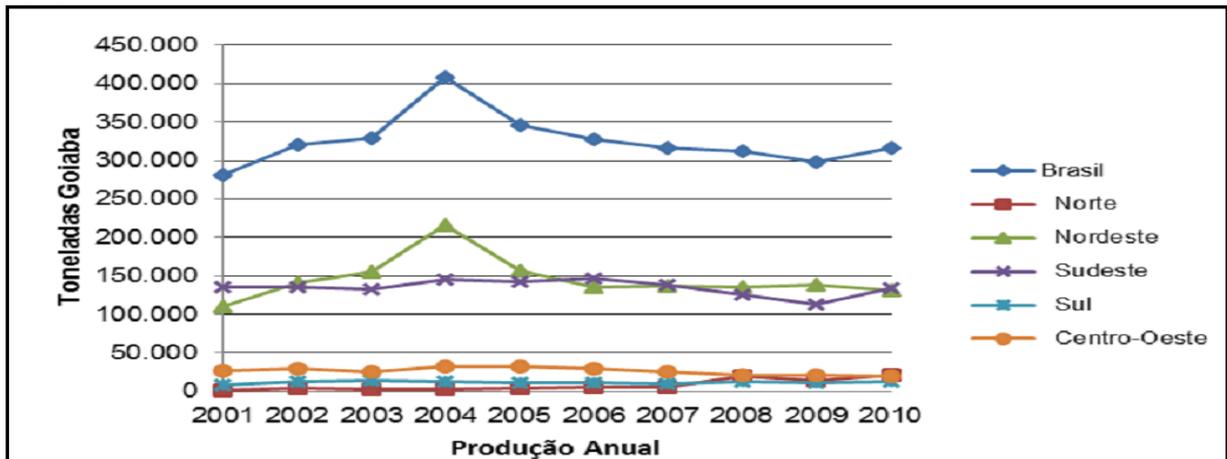
Venezuela, Jamaica, Quênia, África do Sul, Austrália e Porto Rico (CORRÊA et al., 2003; BIAZATTI, 2013). A exploração comercial da goiabeira iniciou-se em fins da década de 1950, sob dois modelos distintos, a de goiabas para mesa e a de goiabas para processamento industrial (PEREIRA; KAVATIR, 2011). Na União Européia e nos Estados Unidos, considerados os maiores mercados consumidores de produtos hortifrutícolas do mundo, a fruta é considerada exótica, sendo comercializada em escala mínima e a preços elevados. Seus produtos industrializados também se enquadram no grupo denominado exóticos, por isso, seu mercado ainda é restrito em relação ao de outros produtos frutícolas tradicionalmente comercializados no mercado internacional (CHOUDHRY; COSTA; ARAÚJO, 2001).

O mercado de goiaba é um segmento formado por um grande número de pequenas e médias indústrias, na maioria das vezes exclusivas de goiaba, que fazem o processamento primário, com a produção de polpa de goiaba a 13° Brix, que são adquiridas pelas grandes indústrias de doces. A pouca capacidade de processamento dessas pequenas e médias indústrias, aliada à inviabilidade de manutenção de grandes estoques de matéria prima pelos fabricantes de doces, levou à necessidade de abastecimento de fruta durante o ano todo, o que exigiu uma profunda mudança no setor produtivo de goiaba para a indústria. Dessa forma, a produção sazonal tradicional da goiaba para indústria, se inviabilizou. Atualmente a produção para a indústria é feita durante o ano todo, devido ao desenvolvimento de técnicas de podas e de irrigação para garantir essa demanda. Essa nova tecnologia de produção da goiaba de indústria, só foi possível em virtude da disponibilidade de cultivares adequados a esse manejo (ROBERTO, 2012).

A produção brasileira de goiaba nos últimos anos tem sido relativamente estável. Em 2001, a produção foi de 281.102 mil toneladas, apresentando discreto aumento, chegando a atingir, em 2007, 316.301 mil toneladas. No ano de 2010, a produção foi de 316.363 mil ton/ano distribuídos em 15.375 mil hectares de área colhida (IBGE, 2011). No território nacional, a plantação de goiabas concentra - se, principalmente, nas regiões Sudeste e Nordeste (FIGURA 6), as quais se configuram como as mais produtoras. Em termos monetários a goiaba gerou para o Brasil um valor de R\$ 1.734.622 milhões de reais no período de 2001 a 2011 (IBGE, 2012).

Segundo a produção municipal agrícola do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012), no ano de 2011 a área colhida de goiaba no Brasil, regiões e unidades da federação aumentou, (TABELA 2).

Figura 6- Produção brasileira de goiabas (ton.) por região geográfica, nos anos de 2001 a 2010.



Fonte: IBGE, (2011).

Tabela 2- Área colhida de goiaba no Brasil, regiões geográficas e unidades da federação.

Regiões Geográficas e Unidades da Federação	Área colhida por hectares em 2011
Brasil	15.917
Norte	590
Nordeste	7.431
Sudeste	6.268
Sul	974
Centro-Oeste	635
Piauí	216
Ceará	979
Pernambuco	3.920

Fonte: IBGE, (2012).

De acordo com a Produção Municipal Agrícola 2011, do IBGE a região Nordeste é atualmente a maior região produtora de goiaba do País. A produção nacional está concentrada, em maiores volumes, em Pernambuco, Bahia e São Paulo. Os pomares destes três estados representam em torno 70% da produção brasileira. A produção de goiaba na Região Nordeste cresce a taxas constantes, com destaque para o estado de Pernambuco que foi responsável em 2010 por 28,6% da produção da brasileira de goiaba. Pernambuco sempre foi, tradicionalmente, um dos grandes produtores de goiaba, notadamente os municípios de Flores, Triunfo, Buíque, Pedra e Custódia. A tabela 3 apresenta o ranking do Brasil, e Unidades da Federação em relação à produção de goiaba, segundo dados coletados no IBGE da produção agrícola municipal do ano de 2011.

Com relação ao que o País exportou de goiaba nos anos de 2011, 2012 e até fevereiro de 2013, pode-se observar um crescente aumento tanto na receita quanto no volume exportado. Segundo a estatística de exportações e importações do SEBRAE, em 2011, o Brasil exportou um volume de 137.765 mil kg de goiabas, o que gerou uma receita de US\$

300.067 mil dólares. No ano de 2012, o volume exportado foi de 139.414 mil kg, e uma receita de US\$ 309.178 mil dólares. Em 2013, até o mês de fevereiro, foram exportados 12.928 mil kg de goiabas o que representou um valor de 32.195 mil dólares (TABELA 4) (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2013).

Tabela 3- Quantidade produzida de goiaba no Brasil, regiões geográficas e unidades da federação.

Regiões Geográficas e Unidades da Federação	Quantidade produzida em toneladas em 2011
Brasil	342.528
Norte	6.163
Nordeste	151.903
Sudeste	149.169
Sul	12.227
Centro-Oeste	23.066
Piauí	3.251
Ceará	11.264
Pernambuco	107.755

Fonte: IBGE, (2012).

Tabela 4- Exportações brasileiras de goiaba nos anos de 2011, 2012, até fevereiro de 2013.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2011-US\$	19.659	20.042	22.854	19.776	25.250	26.630	14.985	24.228	12.782	14.177	26.883	72.801	300.178
2011-kg	8.851	9.591	9.846	8.535	12.122	14.837	10.837	10.948	5.200	6.560	10.630	29.802	137.765
2012-US\$	13.238	17.231	21.464	20.591	13.483	24.228	64.352	18.146	18.013	14.215	24.276	56.941	309.178
2012-kg	6.268	6.952	9.059	8.479	7.049	12.561	39.418	8.505	6.290	4.554	9.554	20.725	139.414
2013-US\$	11.335	20.860											32.195
2013-kg	4.739	8.189											12.928

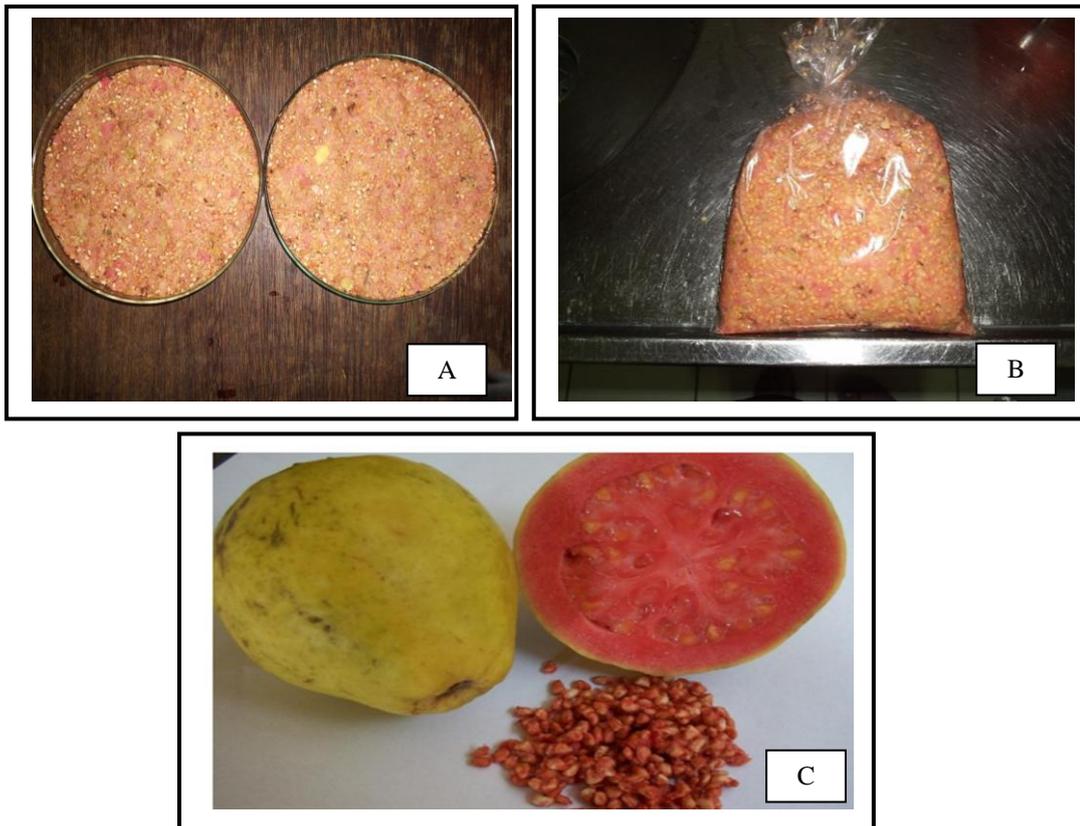
Fonte: Sebrae, (2013).

2.5 Resíduos gerados no processamento da goiaba (*Psidium guajava* L.)

O desperdício de alimentos é uma realidade mundial. No processamento da goiaba utilizada na produção de sucos e doces são gerados, aproximadamente, 30% de seu peso em resíduos que é constituído principalmente por sementes, representando uma quantia estimada em 19.000 mil toneladas de resíduo descartado anualmente (CÔRREA et al., 2005). Em um estudo realizado por Schieber; Stintzing e Carle (2001), citado por Melo (2010), afirmaram que o resíduo do processamento da goiaba representa cerca de 10-15% da fruta. As sementes que, geralmente, são descartadas durante a produção de suco ou polpa, contêm cerca de 5-13% de óleo, rico em ácidos graxos essenciais. As cascas e as sementes são os maiores componentes dos frutos e geralmente não recebem a devida atenção. Neste sentido, não ocorre o reaproveitamento ou a reciclagem deste material (SOONG; BARLOW, 2004; CAETANO, 2009; SOUSA et al., 2011). No resíduo da goiaba, estima-se que cerca de 202 mil toneladas/ano de goiaba são processadas pela agroindústria e que 6% é semente, o que

corresponde a aproximadamente 12 mil toneladas de resíduos por ano (FIGURA 7). Esses resíduos, ao saírem da indústria, apresentam alto teor de umidade, que, no resíduo de goiaba, pode chegar a 53%. Essa característica tem limitado o uso desses resíduos *in natura* (ROBERTO, 2012).

Figura 7- Resíduo de goiaba (semente e polpa) obtido da agroindústria de processamento de polpa de fruta congelada.



Fonte: Autora, (2010); SILVA, (2012).

Onde: A e B= Resíduo de goiaba; C= goiaba e semente.

Estudos têm sido realizados no intuito de utilizar o resíduo do processamento de goiaba em desenvolvimento de ração animal e para enriquecimento de alimentos destinados a humanos, devido ao elevado valor nutricional do mesmo. Porém, seu uso ainda é limitado, quando analisada a sua disponibilidade e, dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias para aproveitamento do resíduo de goiaba faz-se necessário. A tabela 5 desmontra os estudos sobre a caracterização química dos resíduos de goiaba e sua aplicação tecnológica.

Tabela 5- Estudos sobre a caracterização química dos resíduos de goiaba e sua aplicação tecnológica. Continua.

Desenho do Estudo	Principais Resultados	Ano	Referência
Caracterização física de frutos e sementes de goiaba-da-costa-rica, produzidos em Manaus- Amazonas	O fruto apresentou atributos favoráveis ao aproveitamento industrial, como o elevado rendimento em polpa (94%) O número elevado de sementes por fruto representa uma característica facilitadora à propagação e produção de mudas.	2008	Rebouças et al.,
Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício	Os maiores teores de fibra foram encontrados nos resíduos de goiaba e maracujá e os maiores teores de pectina, nos resíduos de umbu e maracujá, enquanto o resíduo de acerola gerou um alto teor de carboidratos.	2009	Abud; Narain,
Avaliação do potencial antioxidante de resíduo agroindustrial de goiaba, extratos hidroacetônico e hidrometanólico, obtidos por extração sequencial, foram submetidos à quantificação do teor de fenólicos totais e a determinação da atividade antioxidante.	O extrato hidroacetônico exibiu maior teor de fenólicos totais do que o hidrometanólico. Em sistema da co-oxidação β -caroteno/ácido linoléico, o extrato hidroacetônico exibiu maior percentual de inibição (81,95%) em relação ao hidrometanólico (38,92%).	2010	Nascimento et al.,
Caracterização nutricional e determinação dos compostos antioxidantes dos resíduos de polpas de frutas tropicais: acerola (<i>Malpighia glabra L.</i>), goiaba (<i>Psidium guajava L.</i>), abacaxi (<i>Ananas comosus L.</i>), cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>), bacuri (<i>Platonia insignis</i>) e graviola (<i>Annona muricata L.</i>).	Os resíduos apresentaram quantidades significativas de macronutrientes. Todos os resíduos, com exceção do cupuaçu, apresentaram valores elevados de vitamina C. Quanto aos carotenóides, destacou-se o resíduo de acerola e o resíduo de goiaba. Com relação aos teores de fenólicos totais destacou-se o resíduo da polpa de acerola.	2011	Sousa et al.,
Avaliação da composição química e o do perfil de ácidos graxos da semente de goiaba (<i>Psidium guajava L.</i>) oriunda de resíduos agroindustriais.	Verificou-se níveis elevados de fibras, carboidratos e lipídeos. Foi observado que 76,48% dos ácidos graxos presentes eram poliinsaturados, 12,16% saturados e 11,36% monoinsaturados.	2011	Santos

Tabela 5- Estudos sobre a caracterização química dos resíduos de goiaba e sua aplicação tecnológica. Conclusão.

Desenho do Estudo	Principais Resultados	Ano	Referência
Avaliação do teor de compostos fenólicos totais, da atividade antioxidante e a composição fenólica de três resíduos gerados por agroindústrias brasileiras: bagaço de uva Isabel (BI) (<i>Vitis labrusca</i>), bagaço de uva Verdejo (BV) (<i>Vitis vinifera</i>) e bagaço de goiaba (BG) (<i>Psidium guajava</i>).	Foi encontrada uma alta atividade antioxidante, principalmente em bagaço da uva izabel e da uva verdejo. Os compostos fenólicos encontrados, por cromatografia gasosa com espectrometria de massas, foram: ácido gálico, epicatequina, quercetina (BV, BI e BG); ácido isovanílico (BI, BG); ácido p-cumárico (BI); ácido caféico e resveratrol (BV, BI)	2011	Melo et al.,
Desenvolvimento de materiais adsorventes, a partir de resíduos agroindustriais (sementes de goiaba, umbu e manga), para a remoção de poluentes em meio aquoso.	Os resíduos apresentaram bons resultados, indicando que os mesmos podem vir a se constituir em alternativa viável e eficiente para o tratamento de efluentes industriais.	2012	Silva
Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango.	As polpas congeladas dos frutos apresentaram teores de compostos fenólicos semelhantes aos dos frutos <i>in natura</i> , com exceção da polpa congelada de acerola. A atividade antioxidante foi significativamente maior para os extratos acetônico-metanólicos, quando comparados aos extratos acetônico-etanólicos, das polpas.	2013	Freire et al.,
Quantificação dos compostos bioativos em polpas e sub produtos de frutas tropicais do Brasil.	Foi analisado as polpas e sub produtos de doze frutas tropicais do Brasil. Observou-se que as amostras apresentaram altos níveis de β -caroteno, licopeno, antocianinas, flavonóides amarelos e compostos fenólicos. Os subprodutos da goiaba e da pitangueira apresentaram em sua composição o resveratrol e a cumarina.	2014	Silva et al.,

3.0 POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

3.1 Biotecnologia

Segundo Borzani et al. (2001), o termo biotecnologia apresenta uma variedade de conceitos, dentre os quais destaca-se aquele citado pela *Union Internationale de Chimie Puré et Appliquée*: “Aplicação da bioquímica, da biologia, da microbiologia e da engenharia química aos processos e produtos industriais (incluindo os produtos relativos à saúde, energia e agricultura) e ao meio ambiente”. Além deste, o CNPq conceitua biotecnologia, como sendo “A utilização de sistemas celulares para obtenção de produtos ou desenvolvimento de processos industriais”. Deste modo, pode ser verificado que não existe uma definição única e consensual para o termo biotecnologia, no entanto, aspectos como o uso de sistemas biológicos e sua utilização na produção de processos e produtos, são destacados pelos variados autores (CRUZ, 2010).

Assim, estudos na área de biotecnologia têm contribuído para os cuidados de saúde, no que se refere ao tratamento de doenças incuráveis, como mal de Alzheimer, de Parkinson, esclerose múltipla e o câncer. A biotecnologia contribui também com sustentabilidade e a segurança da produção alimentar, manutenção da biodiversidade e minimização da ocupação dos solos. Pode ser utilizada ainda para proteger o ambiente, contribuindo para gerar fontes de energia e processos industriais alternativos, desempenhando um papel importante no desenvolvimento sustentável (MÉLO, 2005).

3.1.1 Histórico

A biotecnologia teve sua origem há mais de seis mil anos, a partir dos relatos de que os microorganismos eram usados nos processos fermentativos para produção da cerveja e do pão. No entanto, as bases fundamentais da biotecnologia agrícola consideram a biologia molecular e as técnicas relacionadas como os eventos mais importantes da história da biotecnologia (MÉLO, 2005; CARRER; BARBOSA; RAMIRO, 2010).

Em 1953, a revista *Nature* publicou o manuscrito de James Watson e Francis Crick, que descrevia a estrutura dupla-hélice do DNA. A descoberta da estrutura do DNA resultou em uma explosão de pesquisas em biologia molecular. Em 1956, Heinz Fraenkel-Conrat demonstrou como uma parte do vírus do mosaico do tabaco pode se remontar e ser funcional. E em 1957, Francis Crick e George Gamov elaboraram o “dogma central” sobre

como funciona o DNA para produzir proteínas. Neste mesmo ano, Matthew Meselson e Frank Sthal demonstraram o mecanismo da replicação do DNA. Em 1966, Marshall Nirenberg, Heinrich Mathaei e Severo Ochoa, demonstraram que uma sequência de três bases de nucleotídeos (códon) determina cada um dos 20 aminoácidos (CARRER; BARBOSA; RAMIRO, 2010).

Em um primeiro momento, a biotecnologia esteve centrada na questão da saúde humana e animal, em que se utilizou de microorganismos para a fabricação de antibióticos. Relatos de culturas de células *in vitro* são datados da segunda Guerra Mundial, quando cultura de *Penicillium notatum* era usada para a produção do antibiótico *penicilina* cuja ação como antibiótico foi descoberta por Alexander Fleming em 1929 (BENNETT; CHUNG, 2001). Mas foi na década de 1970 que ocorreu o início das metodologias de uso do DNA recombinante e do sequenciamento do DNA que proporcionaram grandes avanços na ciência de plantas (CRUZ, 2010).

3.1.2 Biotecnologia e agricultura

O estabelecimento de uma agricultura sustentável, que preserve o meio ambiente e proporcione segurança alimentar futura, é um fator primordial para o desenvolvimento da humanidade frente as mudanças climáticas e o declínio das reservas energéticas não renováveis. Diante das previsões de crescimento populacional mundial, atingindo 9 bilhões de habitantes em 2050 (ASH et al., 2010), existe o desafio de criar métodos avançados e eficientes para aumentar a produção de alimentos e energia renovável sem, contudo, esgotar os recursos naturais. Em 2050, o mundo provavelmente estará vivendo sob a influência de três grandes crises anunciadas: a diminuição das reservas de petróleo, a escassez de água potável e a falta de alimentos para grande parte da população. Nesse cenário, a biotecnologia de plantas ocupa papel central na busca de soluções para atenuar os problemas, atuais e futuros, causados pelo estilo de vida adotado pelo homem (CARRER; BARBOSA; RAMIRO, 2010).

A biotecnologia agrícola beneficia os agricultores, consumidores e o meio ambiente, aumentando o rendimento agrícola, diminuindo a aplicações de pesticidas e melhorando a qualidade do solo e da água, fornecendo assim alimentos saudáveis para os consumidores. Aplicações da biotecnologia industrial têm resultado em processos mais limpos, com menos resíduos e utilizando menos energia e água nas indústrias petroquímica, celulose e papel, têxtil, alimentos, energia, metais e minerais (CRUZ, 2010).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), estima-se que há no mundo mais de 1,2 bilhão de pessoas sem acesso à água potável, representando cerca de 20% da população mundial (UNESCO, 2007). A agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo de água do planeta, e o uso descontrolado de pesticidas e fertilizantes contribui para a contaminação da água de lençóis freáticos e mananciais subterrâneos. Para aperfeiçoar a eficiência do uso da água na agricultura, a biotecnologia atua em duas frentes: no desenvolvimento de espécies tolerantes a seca, diminuindo a irrigação intensiva e conservando a água no solo, e no melhoramento genético de variedades para resistência a pragas e doenças, reduzindo a necessidade da utilização de produtos químicos nas lavouras (CARRER; BARBOSA; RAMIRO, 2010).

Na produção de alimentos, a biotecnologia pode fornecer meios para o aumento da produção agrícola pela aplicação do conhecimento molecular da função dos genes e das redes regulatórias envolvidas na tolerância a estresse, desenvolvimento e crescimento, “desenhando” novas plantas. A transformação genética de plantas cultivadas possibilita a validação funcional de genes individuais selecionados, bem como a exploração direta dos transgênicos no melhoramento genético, visando à inserção de características agrônômicas desejáveis (TAKEDA; MATSUOKA, 2008).

Segundo a FAO (2010), a previsão de crescimento do setor agrícola brasileiro até o ano de 2019 é de 40%, quando comparado ao período-base 2007-2009. Essa previsão de crescimento acentuado da produção brasileira se deve, por um lado, às condições econômicas e ambientais favoráveis do país, e, por outro, à adoção massificada de culturas geradas com o auxílio da biotecnologia (CARRER; BARBOSA; RAMIRO, 2010).

3.2 Atividade antioxidante

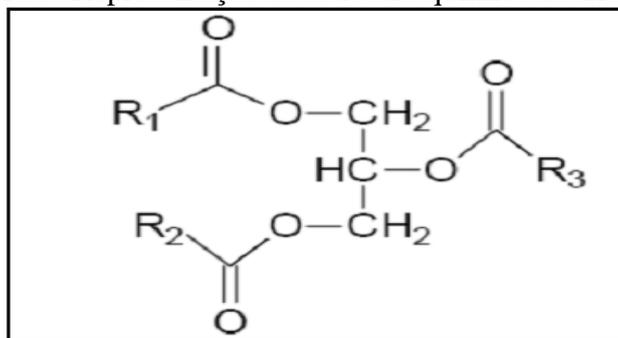
3.2.1 Oxidação lipídica

Os lipídios são um grupo de compostos heterogêneos que têm em comum a insolubilidade em água e a solubilidade em solventes orgânicos. Compreendem as gorduras, óleos, ceras e compostos relacionados e se encontram distribuídos em todos os tecidos, principalmente nas membranas celulares e nas células de gordura. Apresentam as funções de reserva energética; auxiliam no transporte e absorção de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K); possuem função estrutural (formação da membrana lipoprotéica e proteção de diversos órgãos e até nervos); são isolantes térmicos e protegem os órgãos; fornecem ácidos graxos

essenciais; e participam da síntese de hormônios e da formação da membrana celular. Em relação aos alimentos, os lipídios oferecem melhor sabor, aroma, aparência e textura; aumentam as propriedades de suavidade e palatabilidade dos alimentos; são precursores dos componentes do “flavor”, proporcionando maior cremosidade ao alimento; conferem maciez, brilho, firmeza, adesividade, elasticidade e ação lubrificante (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2010).

Entre os lipídios destacam-se os triacilglicerídeos (TAG), que possuem longas cadeias carbônicas ligadas a moléculas de glicerina (FIGURA 8). A hidrólise ácida dos triacilglicerídeos forma os ácidos graxos correspondentes e o álcool original, o glicerol. Os óleos vegetais apresentam os triacilglicerídeos como constituintes principais (95%) e pequenas quantidades de mono e diacilglicerídeos na sua composição (GUNSTONE, 2009).

Figura 8- Representação da estrutura química do triacilglicerídeo.



Fonte: Gunstone; Harwood; Dijkstra, (2007).

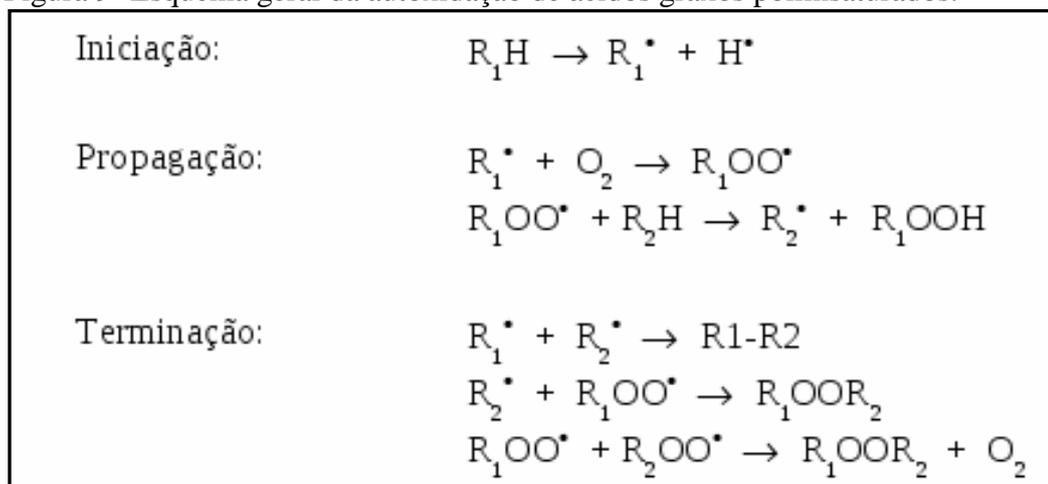
Os óleos e as gorduras são susceptíveis à oxidação, devido a determinadas características químicas dos ácidos graxos que compõem o TAG. A presença de insaturações na cadeia hidrocarbônica diminui a energia necessária para a cisão homolítica das ligações C-H na posição alílica, viabilizando a oxidação. Nos ácidos graxos saturados, este processo ocorre em menor extensão, pois a formação de radicais livres é energeticamente desfavorável. A reatividade do oxigênio com TAG é proporcional ao aumento do número de insaturações na cadeia, portanto depende do tipo de oleaginosa (GUNSTONE, 2008).

A oxidação dos lipídios também denominada de auto-oxidação ou rancificação oxidativa, podendo ocorrer por meio de processos hidrolíticos ou oxidativos. A reação espontânea do oxigênio atmosférico com os lipídios, conhecida como auto-oxidação, é o processo mais comum que leva à deterioração oxidativa. Os ácidos graxos poliinsaturados apresentam potencial de decomposição deste processo, estando presentes como ácidos graxos livres, ou como triglicérides (ou diglicérides ou monoglicérides) ou como fosfolipídios. Quando a luz e um agente sensibilizante, como a clorofla, estão presentes, a ativação do oxigênio em oxigênio singlete pode desempenhar um papel importante na indução da

deterioração oxidativa. Alternativamente, os metais, incluindo ferro ou cobre, ou a enzima lipoxigenase, podem atuar no processo pelo qual a deterioração oxidativa é iniciada (LARSON, 1997; CAETANO, 2009).

A oxidação lipídica é tradicionalmente descrita como uma reação em cadeia constituída por três etapas distintas: iniciação, propagação e terminação (FIGURA 9) (ARAÚJO, 1995; FRANKEL, 1991; GORDON, 1990; WHEATLEY, 2000; CHOE; MIN, 2006).

Figura 9- Esquema geral da autoxidação de ácidos graxos poliinsaturados.



Fonte: Choe; Min, (2006).

Onde: RH: ácido graxo polinsaturado; R•: radical lipídico; ROO•: radical peroxila; ROOH: hidroperóxido lipídico; RO•: radical alcóxila

Na etapa de iniciação da autoxidação, as espécies reativas de oxigênio atacam e abstraem o átomo de hidrogênio de um grupamento metil, adjacente à dupla ligação do ácido graxo insaturado, deixando um elétron desemparelhado no carbono, formando um radical alila (R•) ou ocorre a adição de um radical livre à dupla ligação. Vale destacar que o mecanismo de formação do primeiro radical livre ainda não se encontra devidamente esclarecido. Provavelmente, a principal via geradora de radicais livres é a decomposição de hidroperóxidos (ROOH) existentes em alimentos em quantidades-traço, antes mesmo do início da autoxidação (GORDON, 1990; ARAÚJO, 1995; CHOE; MIN, 2006).

Na etapa de propagação o radical alila, sofre rearranjo molecular, seguido pela adição do oxigênio triplete, dando origem ao radical peroxila (ROO•). Este radical passa a abstrair um átomo de hidrogênio do carbono α -metileno de outro ácido graxo insaturado adjacente, produzindo hidroperóxido (ROOH) e outro radical alila que retroalimenta a reação. O radical alila pode, também, remover o átomo de hidrogênio da posição α , próxima à dupla ligação de um ácido graxo insaturado adjacente, com adição do oxigênio na mesma posição do hidrogênio removido, resultando no radical peroxila. Este radical dará continuidade à

reação em cadeia, produzindo hidroperóxido (ARAÚJO, 1995; GORDON, 1990; JORDÃO et al., 1998; CHOE; MIN, 2006). Desta forma, a degradação oxidativa dos lipídios freqüentemente é descrita como um processo autocatalítico ou autoxidativo.

Quando ocorre redução da quantidade de ácido graxo insaturado presente no sistema, os radicais formados tendem a reagir sempre que possível, ligando-se uns aos outros, originando compostos estáveis. Assim, a reação de terminação interrompe a etapa de propagação da reação em cadeia (ADEGOKE et al., 1998; CHOE; MIN, 2006). Os produtos finais da oxidação lipídica, como alcoóis, aldeídos, cetonas, ésteres, e outros hidrocarbonetos, além dos produtos de elevado peso molecular resultantes de reações de dimerização e polimerização, são derivados da decomposição dos hidroperóxidos (WHEATLEY, 2000; CHOE; MIN, 2006). A auto oxidação termina quando todo o oxigênio estiver esgotado ou houver formação de compostos inativos, onde dois radicais combinam-se com produtos estáveis (produtos secundários da oxidação) obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (HERMES-LIMA, 2004; SELANI, 2010).

A oxidação lipídica produz efeitos negativos na qualidade dos alimentos, na etapa de iniciação ainda não é percebido a formação de cheiro ou odor desagradável, o consumo de oxigênio é baixo e formam-se os primeiros radicais livres. Já na etapa de propagação o cheiro e sabor de ranço tende a aumentar rapidamente, ocorre um alto consumo de oxigênio e aumenta a quantidade de peróxido e produtos de sua decomposição. Na etapa de terminação apresenta cheiro e sabor fortes de ranço, o consumo de oxigênio tende a cair, e é visível a alteração da cor, da viscosidade e da composição do lipídio (SILVA et al., 2010). Como consequências das reações oxidativas nos alimentos pode-se observar a formação de compostos voláteis de odor desagradável, o que limita o tempo de conservação, ainda que tenham conteúdo lipídico de menos de 1%, resultando no decréscimo dos atributos sensoriais (cor, textura, odor e flavor) e da qualidade nutricional (VERMA et al., 2013).

3.2.2 Radicais livres e consequências para a saúde

O elemento oxigênio (símbolo químico O) existe no ar na forma de moléculas diatômicas, O₂, e também como ozônio, O₃. Exceto para algumas espécies anaeróbicas e aerotolerantes, todos os organismos necessitam de O₂ para uma produção eficiente de energia, usando cadeias transportadoras de elétrons, que doam elétrons ao O₂, como no caso das mitocôndrias em células eucarióticas e das membranas celulares de várias bactérias. Estas cadeias transportadoras de elétrons estão presentes nas mitocôndrias e são a maior fonte de

adenosina trifosfato, ATP. Esta necessidade de O_2 obscurece o fato de que ele é um gás tóxico, mutagênico e inflamável, os organismos aeróbicos sobrevivem apenas por possuírem defesas antioxidantes (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2000; HALLIWELL, 2007).

Estudos iniciais a respeito de radicais livres ocorreram por volta de 1924, no entanto, apenas nos anos setenta, foi relatada a importância desses radicais para os seres vivos, particularmente para os seres aeróbios (BAST; HAENEN; DOELMAN, 1991). Nestes seres, os radicais livres são produzidos continuamente durante os processos metabólicos e atuam como mediadores para a transferência de elétrons em várias reações bioquímicas, desempenhando funções relevantes no metabolismo. As principais fontes de radicais livres são as organelas citoplasmáticas e a membrana citoplasmática, que metabolizam o oxigênio, o nitrogênio e o cloro (AUGUSTO, 2006; HILGEMANN, 2010).

A oxidação é um processo fundamental no metabolismo do oxigênio molecular (O_2) utilizado na cadeia respiratória. Porém, não é todo oxigênio disponível na célula que se converte em energia, uma pequena parte (5%) dá origem aos radicais livres (HALLIWELL, 1996; MEHTA; SATIJA; KALSI, 2011; MONTEIRO, 2011).

As moléculas orgânicas e inorgânicas e os átomos que contêm um ou mais elétrons não pareados, com existência independente, podem ser classificados como radicais livres (HALLIWELL, 1994; BOYCE, 1999). O não emparelhamento de elétrons na última camada torna esses átomos ou moléculas altamente instáveis, com meia-vida curtíssima e quimicamente muito reativas, capazes de reagir com qualquer composto situado próximo à sua órbita externa, passando a ter uma função oxidante ou redutora de elétrons (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999). Neste contexto, diversos compostos, como carboidratos, lipídios, proteínas, ácido desoxirribonucléico (DNA) e ácido ribonucléico (RNA), constituem os centros alvo destas moléculas, que ao serem atingidos, com certa intensidade, podem provocar a desestabilização do meio molecular (HALLIWELL, 1997; FERREIRA; MATSUBARA, 1997; THOMAS, 2000; WILHELM FILHO; SILVA; BOVERIS, 2001).

No organismo humano ocorrem inúmeras reações químicas. O efeito do oxigênio sobre o processo de oxidação produz o que denominamos de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), que se dividem em dois grupos: os radicalares, peroxila ($ROO\bullet$), alcóxila ($RO\bullet$), hidroxila ($HO\bullet$), superóxido ($O_2\bullet$), e os não radicalares: peróxido de hidrogênio (H_2O_2), oxigênio singleto (1O_2) e ácido hipocloroso. Mais recentemente, novas espécies de radicais foram identificadas, agora centrado sobre o azoto, assim denominado Espécies Reativas de Nitrogênio (ERNs), produzido biologicamente a partir do óxido nítrico (LÓPEZ- ALARCÓN;

DENICOLA, 2013), dentre as quais se incluem o óxido nítrico (NO•), nitritos (NO₂), nitratos (NO₃), peroxinitritos (ONOO), óxido nitroso (N₂O₃) e ácido nitroso (HNO₂) (CADET et al., 1999). Além de outras formas atômica(s) e/ou molecular(es) que possuem um ou mais elétrons não pareados (HAMID et al., 2002; URSO; CLARKSON, 2003).

As EROs são formados a partir da redução monovalente do oxigênio até formar água. O radical superóxido, é formado quando um único elétron é adicionado a uma molécula de O₂ (equação 1), e o íon peróxido, H₂O₂, é formado pela adição de 2 elétrons ao O₂ (equação 2). O O₂²⁻ não é um radical e é facilmente reduzido a duas moléculas de óxido, 2 O². A adição de 4 elétrons leva à formação de água (Equação 3) (HALLIWELL, 2007).



Conforme visto acima, o O₂^{•-} (radical superóxido) é o primeiro intermediário da redução monovalente do oxigênio até a água, sendo a partir dele formado as demais EROs (TABELA 6) (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1989; COSTA, 2008).

Tabela 6- Espécies reativas de oxigênio (EROs).

Estrutura química	Espécies reativas de oxigênio (ERO)
O ₂ ^{•-}	Ânion superóxido ou Radical superóxido
HO ₂ [•]	Radical peroxila
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrogênio
OH [•]	Radical hidroxila
RO [•]	Radical alcoxila
ROO [•]	Radical peroxila
ROOH	Hidroperóxido orgânico
¹ O ₂	Oxigênio singlete

Fonte: SIES, (1991).

As células vivas presentes em uma atmosfera rica em oxigênio estão constantemente expostos a dano causado por espécies reativas do oxigênio (EROs), que podem ser originadas tanto endogenamente quanto exogenamente. As formas endógena, ou no meio intracelular, podem ser proveniente de alguma disfunção biológica (por exemplo, como uma resposta inflamatória celular, e o processo respiratório), ou como consequência natural do próprio metabolismo celular. (SIES, 1997; ISHIMOTO, 2008). As fontes exógenas de ERO incluem radiação gama e luz ultravioleta (UV), irradiação ionizante, e agentes químicos, medicamentos, cigarro e dieta. (ISHIMOTO, 2008).

O processo respiratório e diversas reações oxidativas, que ocorrem nas células aeróbicas, levam à formação de radicais livres, que causam danos ao organismo e contribuem para o aparecimento de muitas doenças (SIKORA et al., 2008). Por outro lado a produção de

radicais livres exercem efeitos benéficos quando envolvidos na produção de energia, fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intracelular e síntese de substâncias biológicas importantes. Ou seja, a formação de ERO, em níveis fisiológicos, não é necessariamente lesiva. Porém, seu excesso proporciona efeitos prejudiciais, tais como a peroxidação dos lipídios de membrana e agressão às proteínas dos tecidos e das membranas, às enzimas, carboidratos e DNA, podendo ser relacionado a várias patologias (HUANG et al., 2004; COSTA, 2012).

As EROs constituem uma grande ameaça à saúde em virtude de sua alta reatividade. Estima-se que o DNA de cada célula de nosso corpo é submetido a mais de 20 diferentes lesões oxidativas diferentes por dia, muitas das quais mutagênicas (FREI, 1994; GONZÁLEZ, 2008). Estima-se também que, no corpo humano, mais de 10 bilhões de EROs são produzidos diariamente via reações de auto-oxidação e metabólicas, principalmente pelo sistema de transferência de elétrons mitocondrial. O dano celular ou até mesmo a morte celular pode ocorrer quando o potencial do sistema defensivo é excedido pela concentração EROs, ou quando eles são gerados próximos a locais onde as defesas não são fortes o suficiente (BELLÓ, 2002; GONZÁLEZ, 2008; ANASTASIADI et al., 2010).

A consequência direta do ataque de EROs é o desenvolvimento de inúmeras doenças degenerativas, doenças autoimunes (AIDS), e doenças neurodegenerativas, como Parkinson e Alzheimer (FREI, 1994; WARIS, 2006; HALLIWELL, 2007; ANASTASIADI et al., 2010; FREIRE et al., 2013). Vale destacar que os danos ao DNA causados pelos radicais livres desempenham um papel importante nos processos de mutagênese e carcinogênese (POULSEN et al., 1998; BARZILAI; YAMAMOTO, 2004; CARVALHO et al., 2013). A tabela 7 demonstra as patologias relacionadas com a geração de espécies reativas do oxigênio.

Tabela 7- Patologias relacionadas com a geração de espécies reativas de oxigênio.

Patologias relacionadas com espécies reativas de oxigênio	
Artrite	Disfunção cerebral
Aterosclerose	Cardiopatias
Diabetes	Enfisema
Catarata	Envelhecimento precoce
Esclerose múltipla	Câncer
Inflamação crônica	Doenças do sistema imune

Fonte: Bianchi; Antunes, (1999).

Para tentar reverter esse tipo de dano causado pelos radicais livres o organismo produz enzimas que catalisam as reações, inativando os radicais (NEPOMUCENO et al., 1999; BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006). Contudo, na condição de pró-oxidante, a concentração desses radicais pode aumentar devido à maior geração intracelular ou pela deficiência dos mecanismos antioxidantes (CERUTTI, 1994). O desequilíbrio entre moléculas

oxidantes e antioxidantes que resulta na indução de danos celulares pelos radicais livres tem sido denominado de estresse oxidativo (SIES, 1993; HALLIWELL, 1996).

3.2.3 *Estress oxidativo e Atividade antioxidante*

Em 1985, Helmut Sies introduziu o conceito de estresse oxidativo como "um distúrbio no balanço próoxidante-antioxidante em favor do primeiro" (SIES, 1985). Os sistemas enzimáticos produzem espécies reativas não só para a defesa química ou desintoxicação, mas também para sinalização celular e reações biossintéticas (SCOTT; KING; ANN, 2004; LONN et al., 2005; LÓPEZ-ALARCÓN; DENICOLA, 2013). O novo conceito de estresse oxidativo foi emergindo, não limitado para livre danos causados pelos radicais da máquina macromolecular mas a exacerbação do estado celular redox estado baseado em um novo acumulo de dados em sinalização redox. Dean Jones, em 2006, redefiniu o estresse oxidativo como "uma interrupção na sinalização redox e controle" (JONES, 2006; OUDE GRIEP et al., 2010).

O estresse oxidativo tem como principal consequência a peroxidação lipídica, que desencadeia uma série de mudanças nos sistemas biológicos, tais como a ruptura das membranas celulares (bombas Na/K e Ca/Mg), mutações na estrutura do ácido desoxirribonucléico (DNA), oxidação dos lipídeos insaturados, formação de resíduos químicos como o malondialdeído, comprometimento de componentes da matriz extracelular e apoptos (CHIDAMBARA-MURTHY; JAYAPRAKASHA; SINGH, 2002; ROCKENBACH, 2008; FREIRE et al., 2013). A produção continuada de radicais livres durante os processos metabólicos levou ao desenvolvimento de muitos mecanismos de defesa antioxidante para limitar os níveis intracelulares dessas espécies e impedir a indução dos danos (SIES, 1993).

Pode-se denominar antioxidante como sendo "qualquer substância, que mesmo presente em baixas concentrações em relação a seu substrato oxidável, é capaz de retardar ou impedir a propagação das reações oxidativas promovidas pelos radicais livres e/ou as chamadas espécies reativas de oxigênio (ERO) e de nitrogênio (ERN)", (PODSEDEK, 2007; SOUSA et al., 2007; CANUTO et al., 2010). Do ponto de vista biológico, pode-se conceituar antioxidante como "substâncias que protegem sistemas biológicos contra os efeitos potencialmente danosos de processos ou reações que promovem a oxidação de macromoléculas ou estruturas celulares" (ROESLER, 2007; MONTEIRO, 2011; FASOLA; OLOYEDE; APONJOLONSUN, 2011). Também podem ser denominados como substâncias que retardam a oxidação pelo oxigênio atmosférico a temperaturas moderadas, e são

amplamente utilizados em polímeros, produtos de petróleo e de alimentos (KIRK; OTHMER, 1984).

Os sistemas naturais de defesa incluem uma gama variada de substâncias que atuam em três diferentes níveis do processo oxidativo: (1) bloqueando a etapa de iniciação, porque impedem a geração de espécies reativas ou sequestram-na de forma a impedir sua interação com alvos celulares, como exemplo temos as enzimas antioxidantes, tocoferóis, bioflavonóides e carotenóides; (2) bloqueando a etapa de progressão da cadeia radicalar ao sequestrarem radicais intermediários, como exemplo os tocoferóis (vitamina C), tocotrienóis, flavonóides e antioxidantes sintéticos; e finalmente (3) reparando as lesões causadas pelas ERO. Esse processo está relacionado com a remoção de danos da molécula de DNA e a reconstituição das membranas celulares danificadas (VANDENBROUCK et al., 2001; MARTINS, 2010).

3.2.3.1 Mecanismo de ação dos antioxidantes

O mecanismo clássico da ação antioxidante pode ser definido como qualquer substância que atrasa, impede ou elimina os danos oxidativos em uma molécula-alvo, e é geralmente entendido como a capacidade destes compostos em neutralizar os radicais livres, por exemplo, como quebra de derivados da cadeia de acordo com a equação 4, onde AH e FR• representam um antioxidante e um radical livre, respectivamente. (SIES, 1985; LÓPEZ-ALARCÓN; DENICOLA, 2013).

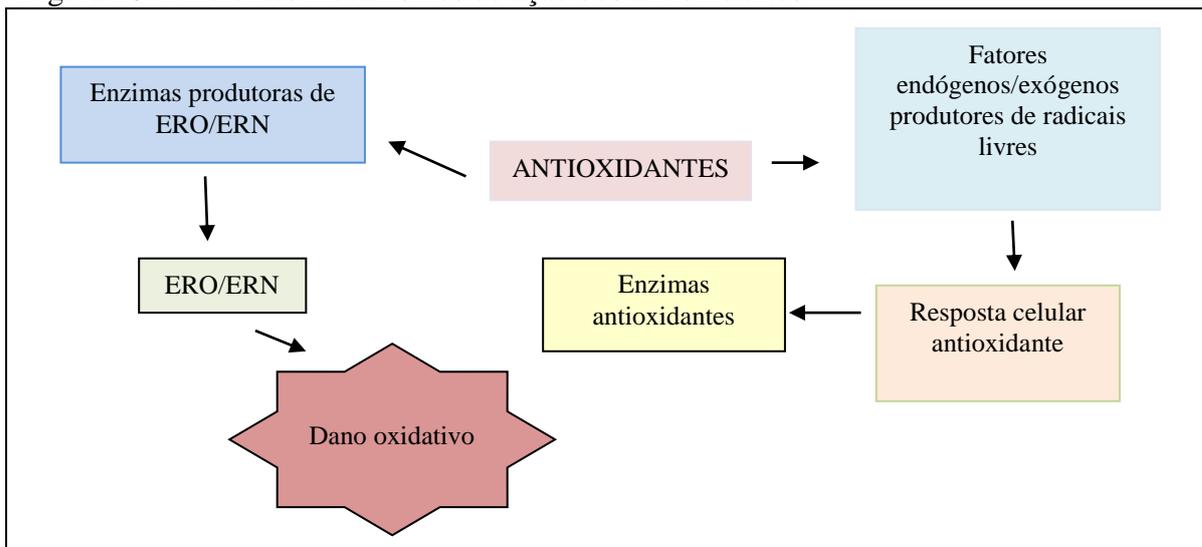


Assim, esta reação é considerada a base do mecanismo clássico de ação de antioxidantes e explica a sua capacidade de inibir (ou retardar) muitos processos prejudiciais induzido por FR• em lipídeos, proteínas, ou DNA (FREIRE et al., 2013). No entanto, a reação não representa todos os fatores que afetam a atividade antioxidante de um composto ou de uma mistura de compostos que contém antioxidantes. Entre esses fatores, os mais relevantes são: a reatividade dos antioxidantes para FR•, o número de moléculas de FR• neutralizado por cada molécula de antioxidante (fator estequiométrico, n), a lipossolubilidade do antioxidante, e a presença de reações secundárias (LÓPEZ-ALARCÓN; DENICOLA, 2013).

Sendo assim, um novo mecanismo da ação antioxidante surgiu, e é baseado na sinalização redox. É claro que hoje o mecanismo de ação de antioxidantes é mais complexo que a interceptação dos radicais livres reativos (JONES, 2006; FINLEY et al., 2011). Os radicais podem ser prejudiciais, dependendo do tipo de radical produzido e o nível e local de

produção. Baixas concentrações dessas espécies reativas são essenciais para performar as funções fisiológicas normais, como a expressão do gene, o crescimento celular e a defesa contra a infecção. A rede celular redox é finamente regulada e a sua perturbação provoca estresse oxidativo. A ideia por trás da suplementação com antioxidantes é restaurar o estado celular redox (FIGURA 10) (OMENN et al., 1996; LONN et al., 2005; LÓPEZ-ALARCÓN; DENICOLA, 2013).

Figura 10- Diferentes mecanismos de ação dos antioxidantes.



Fonte: López-Alarcón; Denicola, (2013).

Onde: inibição das enzimas antioxidantes, que traduz uma redução na produção celular ERO/ERN; interação com vias de sinalização redox que se traduzem em uma resposta antioxidante celular (menos visão clássica de um composto antioxidante ou mistura); reação direta com ERO/ERN produzindo um produto menos tóxico/reactivo (a visão mais popular de um antioxidante, como um "limpador do radical livre"). As enzimas que produzem ERO/ERN: NOS (óxido nítrico dismutase), NOx (NADPH oxidase), COX (ciclooxigenase), MPO (mieloperoxidase). As enzimas antioxidantes: CAT (catalase), SOD (superóxido dismutase), GPx (glutathiona peroxidase), TR (tioredoxina redutase), GR (glutathiona redutase).

No entanto, a mensagem tradicional de que o estresse oxidativo, que envolve a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), é a base para doenças crônicas e envelhecimento está sendo reavaliada. Algumas pesquisas sugerem que as espécies reativas de oxigênio podem exercer funções metabólicas essenciais e que a remoção destas podem perturbar as vias de sinalização celular e aumentar o risco de doenças crônicas. Isso pode significar que a adição de grandes quantidades de antioxidantes nos alimentos pode implicar em efeitos deletérios sobre a saúde humana dependendo da dosagem e da sua biodisponibilidade (FINLEY et al., 2011).

3.2.3.2 Classificação dos antioxidantes

Os antioxidantes pode ser dividido em duas classes: os enzimáticos, também denominados de antioxidantes endógenos, e os não enzimáticos, denominados de antioxidante exógenos (FREIRE et al., 2013). Na primeira, os compostos são capazes de inibir ou retardar a oxidação por inativação dos radicais livres graças à doação de átomos de hidrogênio ou de elétrons, transformando os radicais em substâncias estáveis. Na segunda, estão as moléculas que interagem com as espécies radiculares e são consumidas durante a reação (MAISUTHISAKUL; SUTTAJIT; PONGSAWATMANIT, 2007; COSTA, 2012).

Os sistemas de defesa enzimáticos, estão presentes no organismo e são responsáveis pelo metabolismo e controle da homeostasia. São formados principalmente pelas enzimas superóxido dismutase (SOD), catalases (CAT), glutathione peroxidase (GSH-Px), e glutathione reductase (GSH Rd), que são reconhecidamente muito eficientes na detoxificação de espécies reativas do oxigênio (McLEAN et al., 2005; RAHMAN, 2007; LAGUERRE; LECOMTE; VILLENEUVE, 2007; SILVA et al., 2010; FREIRE et al., 2013).

A superóxido dismutase é capaz de eliminar o ânion superóxido mediante sua conversão a peróxido de hidrogênio. As células humanas possuem essa enzima na mitocôndria com magnésio em seu centro ativo e uma enzima com zinco em seu centro ativo, presente em maior quantidade no citosol. A catalase presente nos peroxissomas, transforma o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio. A glutathione peroxidase, que requer selênio em seu centro ativo, elimina o peróxido de hidrogênio em outros hidroperóxidos, transformando a glutathione reduzida em glutathione oxidada. E a glutathione reductase, age reduzindo o produto, a glutathione oxidada (GSSG) para a forma sulfidril (GSH), numa reação dependente de nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato reduzida (NADPH) (PEREZ-JIMÉNES; SAURA-CALIXTO, 2006; SHIRAHGUE, 2008, SANTOS, 2012).

Os antioxidantes não-enzimáticos, em sua maioria, necessitam ser ingeridos pela alimentação. As frutas e os vegetais são as principais fontes desses antioxidantes. Dos componentes não enzimáticos da defesa antioxidante destacam-se: alguns oligoelementos (zinco, cobre, selênio, etc.), glutathione, vitaminas (ácido ascórbico, vitamina E, vitamina A, riboflavina), piruvato, carotenóides (beta-caroteno, licopeno e luteína), flavonóides e outros compostos derivados de plantas (BARBOSA et al., 2007; SILVEIRA, 2008). Antioxidantes naturais conhecidos como fitonutrientes ou fitoquímicos, estão aumentando suas participações na nutrição e terapêutica e, dentre eles, destacam-se os flavonóides que são compostos polifenólicos (RAHMAN, 2007; MONTEIRO, 2011).

De acordo com o mecanismo de reação, os antioxidantes também podem serem classificados em primários e secundários. Os antioxidantes primários retardam a oxidação

lipídica, através da doação de um átomo de hidrogênio aos radicais formados durante a iniciação e propagação das reações oxidativas. Nesta classe de antioxidantes encontram-se os compostos fenólicos, o tocoferol, os aminoácidos, os carotenóides e os antioxidantes sintéticos. (SHAHIDI; WANASUNDARA, 1992; GORDON, 2001; SANTOS, 2009).

A reação acontece através da doação do hidrogênio ativo do antioxidante (AH) ao radical lipídico ($R\cdot$) e radical alquilperoxila ($ROO\cdot$). Esta reação gera o radical arila ($A\cdot$) (equação 5), a espécie alquilhidroperóxido regenera o ácido graxo insaturado. O radical arila formado pode se chocar com outros radicais $R\cdot$ e $ROO\cdot$ ainda presentes no meio reacional, originando produtos estáveis (equações 6 e 7) (SHAHIDI; NACZK, 2004).



Os antioxidantes secundários, atuam no bloqueio da decomposição dos peróxidos e hidroperóxidos e convertendo-os na forma inativa por ação de agentes redutores, bloqueando a reação em cadeia através da captação de intermediários reativos como os radicais peroxila e alcooxila. Nesta classe estão os antioxidantes sintéticos, as vitaminas A, C e E, e também os compostos fenólicos (PIETTA, 2000; RAMALHO; JORGE, 2006 a; ROCKENBACH, 2008).

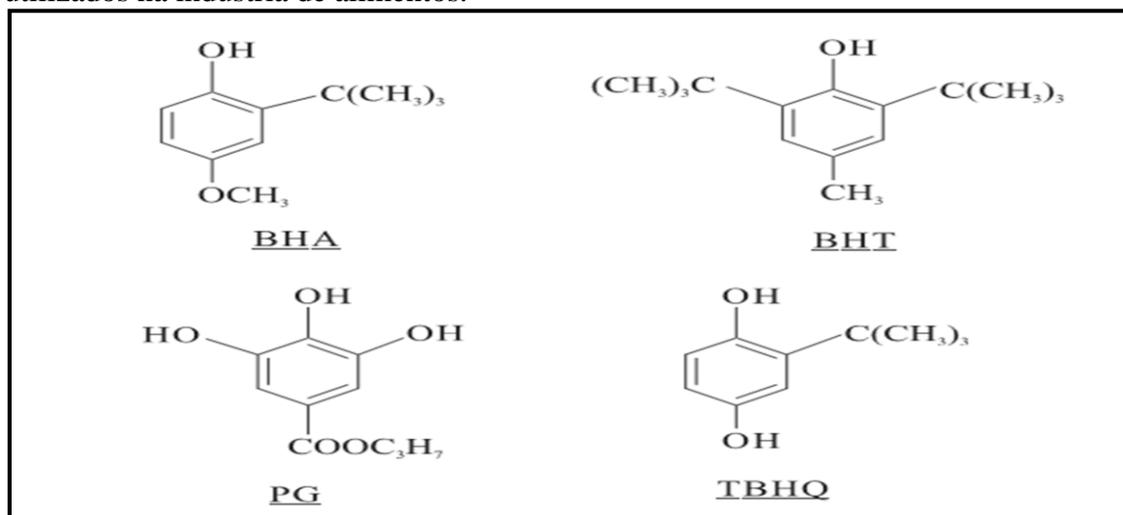
3.2.3.3 Tipos de antioxidantes

O sabor e odor de muitos alimentos deterioram-se rapidamente na presença de oxigênio. A seleção do antioxidante e o nível necessário para uma eficácia máxima baseia-se, principalmente, no substrato, no método de preparação, na embalagem e na distribuição (KIRK; OTHMER, 1984). Para prevenir à oxidação lipídica em alimentos, a indústria tem adicionado aos produtos, com teores significativos, os denominados antioxidantes de síntese ou antioxidantes sintéticos, que são compostos obtidos por manipulação laboratorial. Geralmente esses compostos apresentam estrutura química aromática e contém pelo menos uma hidroxila, dentre os quais, os mais largamente empregados são, o butil-hidroxitolueno (BHT), butil-hidroxianisol (BHA) e o terc-butilhidroquinona (TBHQ) e galato de propila (PG) (KAUR; KAPOOR, 2001; NASCIMENTO, 2010).

O uso de antioxidantes sintéticos teve início nos anos 40. A estrutura fenólica destes compostos permite a doação de um próton a um radical livre, regenerando, assim a molécula de acilglicerol e interrompendo o mecanismo de oxidação por radicais livres

(NASCIMENTO, 2010). Entretanto, a inocuidade dos antioxidantes sintéticos vem sendo questionada uma vez que alguns estudos têm demonstrado que podem favorecer efeitos mutagênicos e carcinogênicos (BIRCH et al., 2001). Frente aos efeitos adversos, o uso dos antioxidantes sintéticos é limitado em muitos países. No Brasil, o Ministério da Saúde através da Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 64, de 16 de setembro de 2008 estabelece como concentração máxima permitida, 0,02g/100g para BHA, BHT, TBHQ e PG (BRASIL, 2008). A figura 11 mostra a estrutura química dos antioxidantes sintéticos

Figura 11- Representação da estrutura fenólica dos antioxidantes sintéticos mais utilizados na indústria de alimentos.



Fonte: Ramalho; Jorge, (2006).

Tendo em vista os indícios de problemas que podem ser provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, os antioxidantes naturais surgem como alternativa, visto que podem agir de forma semelhante na prevenção da oxidação lipídica (NASCIMENTO, 2010). Esses são denominados como fitoquímicos com bioatividade extraídos a partir de tecidos de vegetais e animais ou que se formam durante o processamento de alimentos de origem vegetal ou animal (DEL RÉ; JORGE, 2012; ANGÉLICO, 2011; SALES, 2012).

Existe um interesse crescente em antioxidantes naturalmente encontrados em frutos para uso em fitoterápicos. Os antioxidantes naturais possuem a capacidade de melhorar a qualidade e a estabilidade dos alimentos, agirem como nutracêuticos e proporcionarem, ainda, benefícios adicionais à saúde dos consumidores (LAI; CHOU; CHAO, 2001; VEDANA, 2008; CARVALHO et al., 2013).

Numerosos trabalhos têm demonstrado a existência de uma relação entre o consumo de uma dieta rica em alimentos de origem vegetal com um menor risco de desenvolver certas enfermidades, como doenças cardiovasculares, processos degenerativos relacionados com a idade como o Alzheimer, os processos inflamatórios, certos tipos de

câncer, etc. (STANNER; HUGHES; BUTTRISS, 2004; VERMA et al., 2013). A dieta do tipo mediterrânea, caracterizada precisamente por um alto consumo de alimentos vegetais, está relacionada com uma redução desses riscos (PEREZ-JIMÉNES; SAURA-CALIXTO, 2006).

Os efeitos defensivos dos antioxidantes naturais das frutas e dos vegetais, estão relacionados a presença de três grandes grupos; as vitaminas, os compostos fenólicos e os carotenóides, cujas as atividades têm sido bem comprovadas nos últimos anos. A presença de compostos fenólicos, tais como flavonóides, ácidos fenólicos e antocianinas, além das já conhecidas vitamina C, vitamina E e carotenóides, contribuem para os efeitos benéficos destes alimentos (GORINSTEIN et al., 2000, SILVA et al., 2004; RUFINO, 2008). O ácido ascórbico e os compostos fenólicos são conhecidos como antioxidantes hidrofílicos, enquanto que o grupo dos carotenóides são conhecidos como antioxidantes lipofílicos (HALLIWELL, 1996; BRITO et al., 2009; VERMA et al., 2013).

Portanto, o interesse pela pesquisa sobre novos antioxidantes naturais tem aumentado, levando as indústrias de alimentos, de cosméticos e farmacêuticos a terem maior atenção em novas fontes, principalmente às de origem vegetal (RAZAVI et al., 2008). Nos últimos anos também cresceu o interesse pelos antioxidantes de extratos de plantas, devido à sua baixa toxicidade em relação aos antioxidantes sintéticos (REEDY; SAHANA; UROOJ, 2012). Extratos de frutas, vegetais, cereais, sementes e seus subprodutos industriais são ricos em antioxidantes, como o ácido ascórbico, tocoferóis, carotenóides e em compostos fenólicos (AMAROWICZ et al., 2004; MANACH et al., 2005; BERGAMASCH, 2010).

Os resíduos gerados pela indústria alimentícia e no uso doméstico, como peles, cascas e fibras de frutas e vegetais são importantes fontes de antioxidantes naturais. Peschel et al. (2006), estudando peles de maçã e pêsego verificaram que na pele destas frutos os teores de compostos fenólicos estão na ordem de $48,6 \pm 0,9$ e $60,7 \pm 0,9$ mg de ácido gálico/g, respectivamente, sendo duas vezes superiores aqueles observados na polpa, demonstrando que uma riqueza em compostos bioativos está sendo desperdiçados pela sociedade.

Além do fato de diminuir o desperdício de alimentos, o aproveitamento de partes desses vegetais que são tradicionalmente não consumidos, e que são fontes ricas de antioxidantes naturais, agindo isoladamente ou em sinergismo com outras substância e/ou aditivos nos alimentos, prevenindo os efeitos dos radicais livres no organismo e a deterioração oxidativa em alimentos, diminuindo assim o uso de antioxidante sintéticos e agentes conservantes (BERGAMASCH, 2010). Segundo Guo et al. (2003), citado por Nascimento (2010), algumas frutas podem potencialmente conter maior teor de compostos antioxidantes

nas sementes e casca do que na polpa, tem também apontado para a viabilidade de uso deste material na extração de antioxidantes naturais.

Neste contexto, tem sido sugerido que uma entrada de uma rico antioxidante na dieta é inversamente associada com o risco de desenvolver algumas enfermidades (CORREIA et al., 2009; OUDE GRIEP et al., 2010; PERÉZ-BONILLA et al., 2014). Assim, atenção especial tem sido dada à capacidade antioxidante de produtos naturais, com particular interesse sobre aqueles que são com frequência (ou potencialmente) consumido pela população. A tabela 8 a seguir apresenta síntese de pesquisas sobre atividade antioxidante em espécies vegetais.

Tabela 8- Síntese de pesquisas sobre atividade antioxidante em espécies vegetais. Continua.

Desenho do Estudo	Principais Resultados	Ano	Referência
Avaliação da composição da goiaba cv. <i>Paluma</i> , em relação aos teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais e verificação dos efeitos do processamento industrial para obtenção da goiabada sobre os teores destes compostos.	Os resultados mostraram que a goiaba cv. <i>Paluma</i> apresentou expressivos teores de ácido ascórbico (58,9mg/100g), de carotenóides totais (7,88mg licopeno/100g), de fenólicos totais (1167,6mg ácido gálico/100g) e de flavonóides totais (150,1mg rutina/100g), apresentando capacidade antioxidante de 214,7mg VCEAC/100g (capacidade antioxidante em equivalente de vitamina C).	2007	Tasca
Avaliação da capacidade antioxidante no bagaço do pedúnculo do caju, pelo sistema de varredura do radical 2,2'-difeníl-1-picrilhidrazilo (DPPH•) e em ensaio <i>in vivo</i> .	Neste estudo foi observado que não houve alterações na peroxidação lipídica no plasma e no fígado dos animais tratados comparados ao grupo controle. Contudo, foi observada redução da lipoperoxidação no cérebro.	2008	Broinizi et al.,
Avaliação da capacidade antioxidante de farinhas provenientes de resíduos de frutas tropicais de uma fábrica de sucos localizada em Alagoas	A farinha obtida dos resíduos de acerola apresentou maior resultados quanto ao teor de compostos fenólicos totais, superando o teor de fenólicos totais da polpa desta fruta. Sobre a capacidade antioxidante todas as amostras de farinhas obtiveram ação frente a o radical DPPH. Todas as farinhas de frutas tropicais estudadas apresentaram capacidade antioxidante <i>in vitro</i> frente a diferentes espécies reativas.	2008	Oliveira
Extração de compostos com atividade antioxidante em goiaba (<i>Psidium guajava L.</i>) procedente da região Vélez-santander, na Colombia. Os efeitos da extração no sistema (50% metanol e 70% de acetona).	A extração de 50% metanol obteve maior teor de compostos fenólicos e maiores valores de capacidade antioxidante. Os valores de atividade antioxidante indicam que a goiaba é uma boa fonte de antioxidantes.	2009	Restrepo-Sánchez et al.,

Tabela 8- Síntese de pesquisas sobre atividade antioxidante em espécies vegetais. Continuação.

Desenho do Estudo	Principais Resultados	Ano	Referência
Caracterização físico-química, níveis de compostos bioativos (ácido ascórbico, fenólicos totais) e atividade antioxidante determinados em quinze amostras de polpas de frutos procedentes da região Amazônica (abiu, acerola, açai, araçá-boi, bacaba, bacuri, buriti, cajá, cajarana, caju, cupuaçu, graviola, murici, noni e tamarindo).	Observou-se correlação entre atividade antirradical livre e teores de ácido ascórbico e, principalmente, compostos fenólicos totais. Várias polpas apresentam bom potencial antirradical livre, detectada tanto pela medida específica da atividade quanto pela inibição de radicais livres, bem como pela presença de compostos bioativos como fenóis e ácido ascórbico, destacando-se as polpas de acerola e açai.	2010	Canuto et al.,
Avaliação da atividade antioxidante por meio de métodos distintos e identificação de compostos presente nos resíduos de vegetais, tais como, película de amendoim, talo de couve, beterraba, brócolis, folha/talo de cenoura, nabo e rabanete, casca de abóbora e de maracujá.	Os resíduos de vegetais apresentaram atividade antioxidante pelos métodos de DPPH, ABTS, FRAP, beta-caroteno e Rancimat, destacando entre eles a película de amendoim e o talo de beterraba. A análise por CG-EM, permitiu a identificação de compostos de natureza fenólica que podem estar associados a atividade antioxidante dos resíduos.	2010	Bergamaschi
Avaliação da qualidade, teores de compostos bioativos e atividade antioxidante total (AAT) dos frutos das principais cultivares de frutíferas cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco: mangueira ('Van Dyke', 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent', 'Palmer', 'Keitt', 'Espada' e 'Rosa'), aceroleira ('Sertaneja', 'Okinawa', 'Costa Rica' e 'Flor Branca'); goiabeira ('Paluma', 'Rica' e 'Pedro Sato'), atemoieira ('Gefner') e pinheira.	Os frutos de mangueira das cultivares Van Dyke, Tommy Atkins, Haden, Kent, Palmer e Keitt apresentaram-se dentro dos padrões de qualidade estabelecidos para comercialização no mercado interno e de exportação. Os frutos das cultivares de aceroleira se destacaram por apresentar conteúdos de compostos bioativos e AAT muito superiores aos das demais frutas avaliadas. A alta atividade antioxidante dos frutos das cultivares de goiabeira mostrou-se relacionada aos altos teores de vitamina C.	2010	Batista
Análise do conteúdo de compostos antioxidantes e atividade antioxidante, em goiaba, manga e mamão.	A goiaba foi a fruta que apresentou teores mais elevados de fenólicos, vitamina C total, licopeno e antioxidante.	2011	Oliveira et al.,

Tabela 8- Síntese de pesquisas sobre atividade antioxidante em espécies vegetais. Conclusão.

Desenho do Estudo	Principais Resultados	Ano	Referência
Elaboração do extrato hidroetanólico bruto de caqui (<i>Diospyros kaki</i> L.) cultivar Rama Forte, emprego de solventes com diferentes polaridades, para posteriormente determinar os compostos fenólicos totais e verificação das atividades antioxidante e antimicrobiana <i>in vitro</i> .	O teor de compostos fenólicos do extrato hidroetanólico bruto de caqui, da fração residual, da fração acetato de etila, da fração hexânica e da fração clorofórmica foram de 1.277,94, 1.231,23, 37,24, 17,60 e 11,48 mg GAE.100 mL ⁻¹ , respectivamente. O extrato hidroetanólico bruto de caqui e a fração residual apresentaram maior teor de compostos fenólicos e maior atividade antirradical.	2012	Milani et al.,
Composição e propriedades físico-químicas e tecnológicas do resíduo de goiaba, casca e semente, e avaliação do efeito de dietas elaboradas com esse resíduo, como fonte de fibras, sobre parâmetros de resposta biológica em ratos <i>Wistar</i> .	Os animais submetidos ao tratamento apenas com casca apresentaram maior digestibilidade das fibras, maior teor de nitrogênio nas fezes, maior HDL e maior peso de intestino. O tratamento apenas com semente como fonte de fibra possibilitou menor tempo de trânsito intestinal.	2012	Roberto
Aplicação do pó de goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.) como fonte potencial de antioxidante e funcional em nuggets e seus efeitos nos valores físico-químicos e sensoriais destes produtos.	A adição do pó da goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.) em nuggets não provocou alteração nas características sensoriais do produto elaborado, indicando a adição do pó de goiaba pode ser considerado como fonte potencial de antioxidante e fibra dietética.	2013	Verma et al.,
Capacidade antioxidante e conteúdo de antocianina em trinta e cinco lotes de <i>Corinthian currants</i> (<i>Vitis vinifera</i> L., var. <i>Apyrena</i>), colhidos em dois anos de safra.	Foram observadas variações entre os lotes, e foi identificado até cinco antocianida-3-O-glicosídeos. Não foi observado diferentes efeitos antioxidantes entre os lotes.	2014	Chiou et al.,
Composição química e capacidade anti-radical do extrato acetato de Olive Tree (<i>Olea europaea</i> L.) Wood	Foram isolados 25 componentes, classificados em vários sub-classes de fitoquímico, desde um fenol simples a um açúcar.	2014	Pérez-Bonilla et al.,

3.3 Compostos bioativos com propriedades funcionais

A incidência de morte devido a acidentes cardiovasculares, câncer, acidente vascular cerebral, arteriosclerose, enfermidades hepáticas, dentre outros, pode ser minimizada por meio da ingestão de alguns substâncias presentes em determinados alimentos, denominados alimentos funcionais e/ou nutracêuticos (MORAES; COLLA, 2006).

A partir de 1991, a ANVISA criou a denominação “Alimentos Funcionais ou Nutracêuticos”, onde a alimentação está relacionada diretamente com a saúde do indivíduo. Lajolo (2005), citado por Pereira (2009), relata que alimentos funcionais, ou alimentos com alegação funcional ou de saúde, podem ser descritos como “alimentos semelhantes em aparência ao alimento convencional, consumidos como parte de uma dieta habitual, capazes de produzir demonstrado efeitos metabólicos ou fisiológicos úteis na manutenção de uma boa saúde física e mental, podendo auxiliar na redução de risco de doenças crônico – degenerativas, além de suas funções nutricionais básicas”. Pode –se definir como “ingrediente funcional” o composto responsável pela ação biológica contida no alimento. Para estes compostos ativos os termos mais adequados são fitoquímicos, ou compostos bioativos e ainda nutracêuticos.

Diversas substâncias bioativas presentes naturalmente em alimentos vêm sendo estudadas e os seus benefícios à saúde cada vez mais elucidados e disseminados. Dentre elas destacam-se os antioxidantes, que estão presentes em uma ampla gama de alimentos naturais e produtos alimentares, e as substâncias antimicrobianas, produzidas como metabólitos secundários por muitas plantas e que possuem larga aplicação nos setores farmacêuticos, cosmético e nutricional, além de servirem como aditivos naturais em alimentos (BLUMA; ETCHEVERRY, 2008; ABRAHÃO et al., 2010). Várias dessas substância possuem também propriedades anti-alergênicas, anti-inflamatórias, antiaterogênicas, anti-trombóticas, bem como efeitos cardioprotetivos e vasodilatadores (MELO, 2010).

Pesquisas têm sido realizadas nos diferentes segmentos visando à descoberta de novas fontes nutricionais. A importância funcional desses compostos na saúde humana tem levado inúmeros pesquisadores a realizarem estudos buscando determinar as concentrações destes compostos nos alimentos mais consumidos e em especial nas frutas. Estudos epidemiológicos têm demonstrado o efeito protetor de dietas ricas em frutas e vegetais contra doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer, devido, em parte, aos antioxidantes contidos nestes alimentos (RODRIGUES et al., 2003; LIMA et al., 2004; GRANDIS et al., 2005; MELO et al., 2006; BARRETO, 2008).

Melo et al. (2009), citado por Santos (2012), relataram que a eficiência da ação antioxidante dos compostos bioativos depende de sua estrutura química e da concentração no alimento, cujo conteúdo é amplamente influenciado por fatores genéticos, condições ambientais, grau de maturação, variedade da planta, entre outros. Pesquisas demonstram também que extratos brutos de plantas ou componentes isolados de alimentos podem auxiliar na prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo. Essas substâncias antioxidantes, como por exemplo, os compostos fenólicos demonstraram grande eficácia antioxidante em meios radicalares (VALENTÃO et al., 2004; SILVA, 2005).

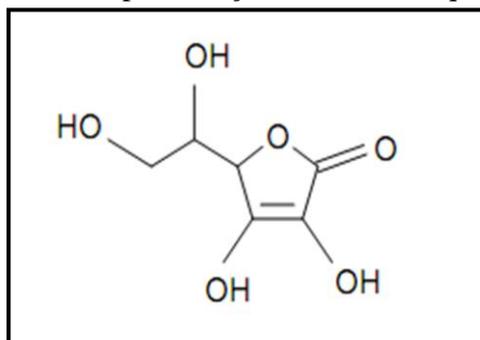
Não só a partir de alimentos *in natura* é possível obter esses compostos. Em todo o mundo, principalmente no Brasil, que possui sua economia fortemente baseada no agronegócio, são geradas grandes quantidades de resíduos pelas as indústrias processadoras de alimentos (MAKRIS; BOSKOU; ANDRIKOPOULOS, 2007), que apesar de serem considerados sérios problemas ambientais, podem servir em muitos dos casos, como fontes ricas em compostos bioativos (RUBILAR et al., 2007). Assim existe um crescente interesses na aplicação desses resíduos gerados do processamento de frutas a serem utilizados como ingredientes alimentares funcionais, uma vez que são ricos em fibra dietética e em compostos bioativos (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006). Esses resíduos podem serem considerados fontes potenciais desses compostos naturais, de modo que ao serem aproveitados, resultam em maiores ganhos econômicos, diminuindo simultaneamente, o impacto do descarte destes ao ambiente.

3.3.1 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico (AA) é a principal forma biologicamente ativa da vitamina C (FIGURA 12). A vitamina C, é uma vitamina hidrossolúvel, essencial ao ser humano, visto que o mesmo não é capaz de sintetiza-la pela via da glicose, como acontece com as plantas e outros animais, necessitando, assim, ser obtida através da dieta (SILVA; COZZOLINO, 2006; COSTA, 2012). É conhecida por prevenir o escorbuto e por atuar em importantes processos metabólicos, na síntese de lipídeos e proteínas, metabolismo de carboidratos, respiração celular, formação e manutenção de colágeno, regeneração dos tecidos, prevenção de sangramento, reduzindo o risco de infecções, facilitando a absorção de minerais como ferro, zinco e cobre, e na excreção de outros, como chumbo, mercúrio, vanádio, cádmio e níquel, formação de aminas aromáticas (dopamina, serotonina e noradrenalina, que atuam como neurotransmissores), ação no metabolismo da tirosina, redução do ferro férrico a ferroso e

conversão do ácido fólico em ácido folínico. Conforme Araújo e Minami (1994), após ser oxidado no organismo em ácido deidroascórbico, apresenta completa atividade vitamínica, exercendo importante papel na biossíntese de corticóides e catecolaminas, na síntese e manutenção dos tecidos, ossos, dentes e sangue. Mais recentemente, tem sido destacada sua ação antioxidante, protegendo as células e os tecidos do processo oxidativo (FRANKE et al., 2004; SILVA, 2005; BATISTA, 2010).

Figura 12- Representação da estrutura química do ácido ascórbico.



Fonte: Cerqueira; Medeiros; Augusto, (2007).

É considerada como uma substância de grande importância para a nutrição humana e está amplamente distribuída no reino vegetal, sendo que algumas frutas são consideradas fontes excepcionais, destacando-se a acerola, goiaba e o caju (SILVA, 2007). A recomendação nutricional de vitamina C, segundo a DRI (Ingestão Alimentar de Referência) para crianças de 1 a 8 anos, é de 15 a 25 mg/dia, para o sexo masculino, com faixa etária entre 9 e 70 anos, a recomendação é de 45 a 90 mg/dia, para o sexo feminino, com faixa etária entre 9 e 70 anos, de 45 a 75 mg/dia, gestantes acima de 18 anos a recomendação é de 80 a 85 mg/dia e lactantes acima de 18 anos de 115 a 120mg/dia (AMAYA-FARFAN ET AL., 2001). A Organização mundial de Saúde (OMS) recomenda o consumo entre 15 a 60 mg/dia para pessoas adultas saudáveis (SANTOS, 2012).

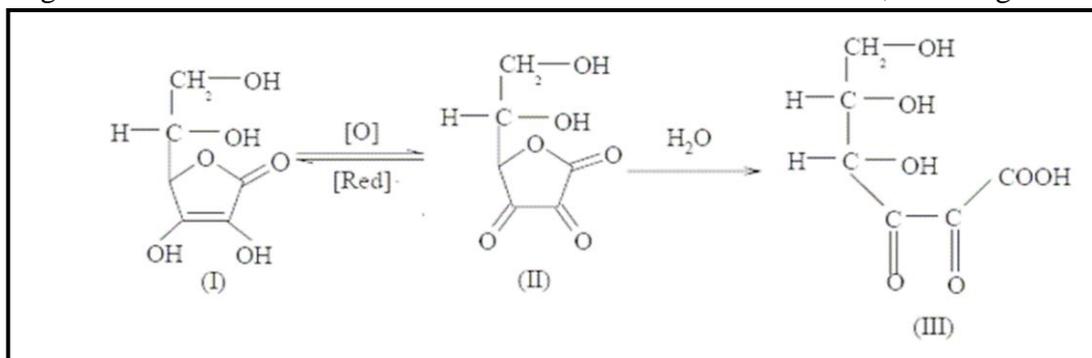
Durante a estocagem dos alimentos, as reações de oxidação do ácido ascórbico são bastante intensas, com formação de diversas substâncias como o dióxido de carbono e furfural, que provocam alterações indesejáveis nas características sensoriais, como alteração de cor e sabor nos alimentos, diminuindo a aceitação destes, o que acarreta em eventuais perdas econômicas (YAMASHITA; BENASSI, 2000; UDDIN et al., 2002; TASCA, 2007).

A determinação da quantidade de ácido ascórbico nos alimentos, pode ser realizada por titulometria (AOAC, 1990). Este método é baseado na redução do reagente 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico em meio ácido. No início da titulação o DCFI, com coloração azul em meio aquoso neutro, será reduzido pelo ácido ascórbico passando para a sua forma reduzida, que é incolor. Ao final da titulação, depois que todo o

ácido ascórbico presente for consumido, a solução passa de incolor para rosa, pois em meio ácido o DCFI é rosa, indicando o ponto final da titulação.

O ácido ascórbico possui 2 formas químicas que apresentam atividade, o ácido ascórbico (AA) e o ácido desidroascórbico (DHA), forma oxidada, essa oxidação se dá pela ação da enzima ácido ascórbico oxidase. A maioria dos trabalhos disponíveis relata ou enfatiza a presença do AA, pois o DHA representa menos de 10% do total de vitamina C, mas tende a aumentar durante o armazenamento (WILLS; WIMALASIRI; GREENFIELD, 1984; FONTANNAZ; KILINC; HEUDI, 2005; BARRETO, 2011). O ácido ascórbico (I) é instável, facilmente oxidado (reversivelmente) a ácido desidroascórbico (II), que possui de 60 a 100% da atividade biológica do ácido L-ascórbico; as reações de oxidação podem continuar e o ácido L-desidroascórbico ser transformado em 2,3-dicetogulônico (III), sem atividade biológica (UDDIN et al., 2002; FONTANNAZ; KILINC; HEUDI, 2005; TASCA, 2007). A figura 13 demonstra o mecanismo de conversão do ácido ascórbico em ácido 2,3-dicetogulônico.

Figura 13- Mecanismo de conversão do ácido ascórbico em ácido 2,3-dicetogulônico.



Fonte: Tasca, (2007).

Vários estudos epidemiológicos tem demonstrado uma relação direta entre uma dieta rica em ácido ascórbico e prevenção de certos tipos de câncer. Este composto está envolvido no metabolismo da tirosina, ácido fólico e triptofano, assim como, contribui na síntese de aminoácidos como a carnitina e catecolamina que regula o sistema nervoso (IQBAL; KHAN; KHATTAK, 2004; BARRETO, 2008). Ele também atua como um importante antioxidante para o ser humano e nos alimentos, devido ao número de hidroxila presente em sua estrutura química (BIANCHI; ANTUNES, 1999; BARRETO, 2008).

Em pH fisiológico (7,4), 99,95% da vitamina C encontra-se na forma de ascorbato, que é a forma que atua como antioxidante, ao doar um átomo de H^+ para o radical livre. O ascorbato atua como antioxidante sobre as espécies reativas de oxigênio (EROs) e espécies reativas de nitrogênio (ERNs), em ambiente biológico aquoso, resultando na

formação de ânion radical semidesidratado, ou ascorbila, que é pouco reativo (ORDÓNEZ et al., 2005; OLIVEIRA, 2008).

A vitamina C é a primeira linha de defesa contra os radicais derivados do oxigênio em meio aquoso, e é considerada o mais importante antioxidante em fluídos extracelulares, pois o ascorbato atua eficientemente sobre o $O_2^{\cdot -}$ (superóxido), sobre o H_2O_2 , sobre o OH^{\cdot} (radicais hidroxila) e o ROO^{\cdot} e ainda sobre o 1O_2 (oxigênio singlet). O ascorbato pode atuar diretamente nas membranas celulares, por impedir o início da peroxidação lipídica ou indiretamente por regenerar a vitamina E, que atua como antioxidante na fase lipofílica da membrana (HAMRE et al., 1997; OLIVEIRA, 2008)

Gardner et al. (2000), avaliaram a capacidade antioxidante de sucos de diversas frutas e verificaram que a ação oxidante foi maior naqueles sucos com altas concentrações de vitamina C, sendo o ácido ascórbico responsável por 65 a 100% do total da capacidade antioxidante de sucos derivados de frutas cítricas. Esses autores referem-se ainda ao fato de que o ácido ascórbico é um dos mais importantes antioxidantes hidrossolúveis nas células, com alta biodisponibilidade, sendo capaz de proteger as biomembranas e as LDL (lipoproteínas de baixa densidade do colesterol), dos danos da peroxidação.

A goiaba, contém de 3 a 6 vezes mais ácido ascórbico do que a laranja (UDDIN et al., 2002; AGOSTINI-COSTA; ABREU; ROSSETTI, 2003). O teor médio de ácido ascórbico da goiaba pode variar de 50 a 300 mg.100 g⁻¹ (THAIPONG et al., 2006). As variações encontradas se devem às diferenças de cultivar e às condições e local de plantio (MATITIUZ; DURIGAN; ROSSI JÚNIOR, 2003; BATISTA, 2010).

Segundo Nogueira e colaboradores (1978), as concentrações de ácido ascórbico encontradas em goiaba cv. IAC-4 *in natura* e liofilizada, foram de 80,5 e de 778,5 mg/100g, respectivamente. Padula e Rodriguez-Amaya (1986) também encontraram neste mesmo cultivar cultivada em São Paulo, 97,7 mg de ácido ascórbico em 100g do fruto, valor este, superior ao encontrado em amostras de goiaba procedentes da região nordeste do país, nas quais o teor de ácido ascórbico variou entre 9,2 e 55,2 mg/100g. Já as cultivares Paluma e Pedro Sato, analisadas por Matituz, Durigan e Rossi Júnior (2003), apresentaram teores médios de ácido ascórbico de 37,11 e 15,32 mg/100g, respectivamente.

Na literatura, os dados sobre o efeito do processamento sobre a composição de vitamina C da goiaba são escassos. Uddin e colaboradores (2002) relataram que o aumento dos valores de parâmetros, como a temperatura e a atividade de água, aumentaram a degradação do ácido ascórbico em goiaba seca, durante a estocagem por até 24 dias, em diferentes temperaturas (30, 40 e 50°C) com atividade de água também variada (0,43, 0,75,

0,84 e 0,97). Matitiuz (2004), também observou uma diminuição do teor de ácido ascórbico em pedaços de goiaba minimamente processados estocados a 3°C por um período de 10 dias.

3.3.2 *Fibra dietética*

O termo fibra dietética foi usado pela primeira vez por Hispley, em 1953, para designar constituintes não digeríveis da parede celular de plantas. Entre 1972 e 1976, o papel desses compostos foi expandido para ser usado em conjunto com um número de hipóteses relacionadas à saúde. Desde então, existe uma grande discussão em foco para a definição de fibra dietética, e o mais apropriado método para quantificá-las em alimentos (DIKEMAN; FAHEY-JÚNIOR, 2006; FERREIRA, 2010).

Conforme *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1999) a fibra alimentar é a parte comestível de plantas (ou análogos aos carboidratos) que não são digeridos pelas enzimas digestivas humanas, com fermentação parcial ou total no intestino grosso. Como não são digeridas, passam para as fezes e são degradadas no intestino grosso, sua decomposição ocorre na maior parte no cólon quando sofrem a fermentação das bactérias colônicas anaeróbicas (POURCHET-CAMPOS, 1990). Segundo CUPPARI (2005), citado por Roberto (2012), trata-se de “elementos estruturais responsáveis pela manutenção da forma da célula das plantas e pelos elementos não estruturais formados por substâncias secretadas pela planta em resposta às agressões ou lesões sofridas”.

A ANVISA (BRASIL, 2008), reconhece como fibra alimentar as β -glicanas, dextrina resistente, frutooligossacarídeos, goma guar parcialmente hidrolisada, inulina, lactulose, polidextrose, psillium e quitosana. Segundo a organização Mundial da Saúde, OMS, o consumo de fibras deve ser de 27 a 40g/dia (PACHECO; SGARBIERI, 2001). A partir de 2002, a “Food and Nutrition Board” (FNB, 2002), por meio da *Dietary Reference Intake* (DRI), definiu a ingestão adequada (IA) para as fibras de 38g/dia para homens adultos e 25g/dia para mulheres adultas, com base na prevalência de risco de doenças cardiovasculares. O consumo exagerado de fibras podem gerar respostas fisiológicas desagradáveis como flatulência, diarreia e estufamento. Esses efeitos indesejados também podem ocorrer, quando o consumo de fibras não é acompanhado por uma adequada ingestão diária de água e líquidos, como chás e sucos de frutas naturais (RODRIGUES, 2010).

A portaria 41/97 do Ministério da Saúde, de Rotulagem Nutricional recomenda a utilização do método enzimático-gravimétrico, para análise de fibra alimentar total, com a finalidade da declaração do teor de fibra alimentar nos rótulos de alimentos. Atualmente a

determinação das frações solúveis e insolúveis da fibra dietética podem ser realizadas pelo método enzimático-gravimétrico, descrito por Prosky (AOAC, 1999), onde as amostras são tratadas com enzimas α -amilase, proteases, amiloglucosidase e soluções tampões em diferentes níveis de pH e temperatura, para a remoção total do amido, e parcial das proteínas (PINHO, 2009).

Do ponto de vista químico, a fibra alimentar é constituída de celulose, lignina, pectina, inulina, goma, mucilagens, frutooligossacarídeos, amido resistente, além de outras substâncias não glicídicas tais como ácido fítico, cutina e taninos, que têm diferentes propriedades físico-químicas (LAJOLO; SAURA-CALIXTO, 2001; ARRUDA et al., 2003; UCHÔA, 2007; MILDNER-SZKUDLARZ et al., 2013). Em associação as fibras alimentares, pode-se encontrar ainda substâncias bioativas, como carotenóides, fitoesteróis e polifenóis, que atuarão juntamente com a fibra, trazendo benefícios ao organismo. Esses compostos estão ligados quimicamente ou através de interações com a parede celular vegetal. (CAVALCANTI, 1989; MATUSHESKI; JEFFERY, 2001; FAGUNDES; COSTA, 2003; ROBERTO, 2012).

Podem ser classificadas segundo o papel que desempenham nos vegetais, em polissacarídeos estruturais e não-estruturais. O primeiro grupo, estruturais é constituído de componentes da parede celular de plantas: celulose, hemicelulose, pectinas, dentre outras. Os não – estruturais incluem a lignina (SALINAS, 2002; RODRIGUES, 2010). Outra forma de classificá-las, a qual está sendo largamente utilizada em pesquisa de alimentos, é a diferenciação com base na propriedade física da solubilidade, distinguindo-se em duas classes, as denominadas, fibras solúveis e fibras insolúveis (HERNANDEZ; HERNANDEZ; MARTINEZ, 1995; RAUPP; SGARBIERI, 1997; PIMENTEL; FRANCKI; GOLLUCKE, 2005; ROBERTO, 2012).

A capacidade de retenção de água da fibra insolúvel é mais dependente do tamanho dos espaços intracelulares. A fibra proveniente de células com moléculas de pequenos espaços intracelulares limitam não só a hidratação, como a ação das enzimas bacterianas sobre o substrato. A ação fundamental destas fibras é o estímulo do bom funcionamento do trânsito intestinal, que pode provocar diminuição no tempo de passagem da digestão pelo trato gastrintestinal. Possivelmente, esse efeito seja decorrente do aumento do volume fecal distendendo a parede do cólon e da estimulação física da fibra insolúvel sobre as paredes do trato gastrintestinal, que tende a aumentar a motilidade intestinal (WARNER, 1981). Um dos mecanismos que explica o papel das fibras na profilaxia do câncer de cólon diz respeito ao seu efeito mecânico, no qual o aumento do volume fecal e a diminuição do

tempo de trânsito intestinal facilitariam a remoção dos carcinógenos e/ou promotores do tumor, diminuindo o tempo de contato desses agentes com a mucosa do intestino. Como fontes de fibras insolúveis têm-se os vegetais crus, grãos de cereais como milho, soja e grão-de-bico, além de frutas consumidas com cascas, como maçã, pera e ameixa (MONTEIRO, 2005; PETRUZZIELLO; IACOPINI; BULAJIC, 2006).

Em contato com a água, as fibras solúveis formam uma rede na qual a água fica retida gelificando a mistura. Este grupo é composto pelas gomas, mucilagens, pectina e algumas hemiceluloses (MARQUEZ, 2001; UCHÔA et al., 2008). O primeiro aspecto relevante das fibras solúveis é a redução no esvaziamento gástrico (maior saciedade), aumentando o volume intraluminal e o tempo de exposição dos nutrientes no estômago. No entanto, o aumento da viscosidade atua como barreira física capaz de dificultar a ação de enzimas e sais biliares no bolo alimentar, podendo causar redução na digestão e na absorção de nutrientes. A capacidade de promover saciedade é fator ponderável para o combate à obesidade, além de sua ingestão reduzir a densidade calórica da refeição. Esses elementos agem também no retardo da absorção de glicose ao formar uma camada superficial suave ao longo da mucosa do intestino delgado, que serve de barreira na absorção, atrasando o metabolismo essencialmente dos açúcares e das gorduras. Assim, facilita a estabilização do metabolismo energético, controlando os aumentos bruscos da taxa de glicemia e colesterol (HERNANDEZ; HERNANDEZ; MARTINEZ, 1995; STELLA, 2004; MILDNER-SZKUDLARZ et al., 2013).

Por outro lado, é importante ressaltar uma das propriedades mais interessantes das fibras solúveis que é a sua elevada fermentabilidade no intestino grosso. Essa fração fibrosa é seletivamente fermentada por bactérias acidolíticas, produzindo altas concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Esses elementos são os principais promotores da motilidade do conteúdo fecal, regularizam o trânsito intestinal de forma suave e influenciam a proliferação das células epiteliais (WASCHECK et al., 2008; ROBERTO, 2012). As fibras solúveis são encontradas nas frutas como laranja e a maçã, em vegetais como a cenoura e, principalmente nos farelos de aveias e nas leguminosas. Ainda são fontes as farinhas integrais, trigo, arroz, pão integral, biscoitos integrais, feijão, fava, lentilha, mamão, pêra, uva, figo, ameixa fresca, mexerica, abacaxi, banana prata, nozes, avelãs, amêndoas, castanhas, amendoim, pistache, linhaça, alface, acelga, agrião, aipo, escarola, espinafre, nabo, repolho, rabanete, cenoura, mostarda, brócolis, pimentão e sucos integrais de frutas (DREHER, 1995; RAMOS; OLIVEIRA, 2002; MONTAN, 2003; RODRIGUES, 2010).

As fibras possuem também forte capacidade de ligação catiônica, fazendo com que as dietas ricas em fibra interfiram negativamente na absorção de minerais (ARRUDA et al., 2003). A capacidade de ligação catiônica está relacionada com a habilidade da fibra em ligar-se a íons metálicos através de grupos situados em sua superfície (RETORE, 2009). Certos tipos de fibra são capazes de formar complexos insolúveis com compostos inorgânicos ou orgânicos que apresentam cargas e, assim, incrementam sua excreção fecal. Essa propriedade pode também ser favorável, ao ligar-se aos sais biliares, impedindo de serem reabsorvidos pelo epitélio intestinal, mobilizando mais colesterol circulante para a produção de novos sais biliares (RETORE, 2009). Carboxilas, aminas, hidroxilas alifáticas e fenólicas são os principais grupos funcionais capazes de exercer troca catiônica na parede celular e estão presentes em maior quantidade nas pectinas, ligninas e taninos (JERACI; VAN SOEST, 1990; CERQUEIRA, 2006; ROBERTO, 2012).

Nas últimas décadas, grandes modificações ocorreram no aspecto social e econômico da população, ocasionando significativas mudanças no estilo de vida (KAC; VELASQUEZ-MELÉNDEZ, 2003), como maior consumo de produtos refinados e industrializados e a diminuição da ingestão de alimentos naturais (MATTOS; MARTINS, 2000; BUENO, 2005). A alimentação inadequada reflete na incidência de muitas doenças, algumas delas relacionadas ao consumo insuficiente de fibras, desestruturando o pilar da promoção da saúde (MAYER, 2007). Nesse cenário, fundamenta-se a importância da alimentação saudável e equilibrada para diminuir o risco de doenças, bem como, para promover especialmente a ingestão de fibras alimentares continuamente como meio de prevenção de enfermidades como doença cardiovascular, câncer de cólon, diabetes e hipercolesterolemia (FIETZ; SALGADO, 1999).

A portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998, que estabelece o regulamento técnico referente a informação nutricional complementar, informa que um alimento pode ser considerado fonte de fibra alimentar quando apresentar no produto pronto 3g/100g (base integral), para alimentos sólidos e de 1,5g/100mL (base integral) para alimentos líquidos. Caso apresente o dobro deste conteúdo é considerado um alimento com elevado teor de fibra alimentar (BRASIL, 1998).

Muitos dos alimentos de consumo regional, convencionais ou não, são importantes do ponto de vista nutricional e particularmente como fonte de fibra alimentar. No Brasil, frutas como o sapoti (9,98% de fibra alimentar na base integral), a goiaba (6,01%) e a fruta-do-conde (5,62%) poderiam ter seu consumo incentivado, uma vez que contém quantidades significativas de fibra alimentar (GIUNTINI; LAJOLO; MENEZES, 2003).

Roberto (2012), estudando os resíduos de goiaba, encontrou valores de fibra solúvel de $5,13 \pm 0,19$ e $15,03 \pm 2,47$, para semente e casca, respectivamente. Já o teor de fibras insolúveis determinado foi de $59,59 \pm 1,68$ e $39,46 \pm 4,1$, para sementes e cascas de goiaba, respectivamente.

3.3.3 Compostos bioativos derivados do metabolismo secundário das plantas

Desde a antiguidade, as plantas são utilizadas pelos humanos, na alimentação, na cura de doenças e também na agricultura. Segundo relatam os testemunhos históricos, foram largamente empregadas por romanos, hebreus, chineses, indianos, árabes, gregos e pelos egípcios (SÁ, 2008; PEREIRA; CARDOSO, 2012).

No Brasil, o emprego de plantas medicinais está presente desde antes da colonização, quando índios já as utilizavam e, em seguida, passaram seus conhecimentos para os colonizadores, tornando-as amplamente utilizadas na medicina caseira (LIMA et al., 2012). A história do desenvolvimento dos fármacos registra que, no início, os materiais vegetais eram utilizados da maneira como eram encontrados no meio ambiente, depois, passaram a ser concentrados para melhora da intensidade e uniformidade de suas ações. À medida que os avanços da química surgiram, as substâncias ativas puderam ser identificadas, isoladas e usadas como moléculas sinteticamente elaboradas, com atividade terapêutica ainda maior (AURICCHIO; BACCHI, 2003; PEREIRA; CARDOSO, 2012).

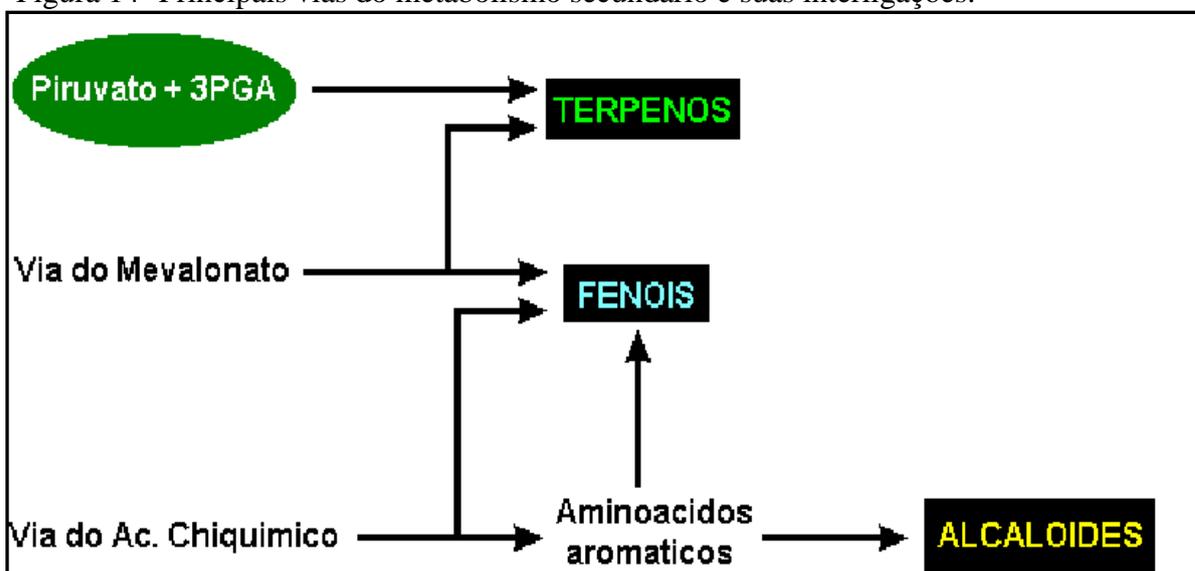
Uma das características dos seres vivos é a presença de atividade metabólica. O metabolismo nada mais é do que o conjunto de reações químicas que ocorrem no interior das células, catalisadas por enzimas, suprimindo o organismo de energia (MARZZOCO; TORRES, 2007; PEREIRA; CARDOSO, 2012). No caso das células vegetais, o metabolismo costuma ser dividido em primário e secundário. Entende-se por metabolismo primário o conjunto de processos metabólicos que desempenham uma função essencial no vegetal, tais como a fotossíntese, a respiração e o transporte de solutos. Os compostos envolvidos no metabolismo primário possuem uma distribuição universal nas plantas. Esse é o caso dos aminoácidos, dos nucleotídeos, dos lipídios, carboidratos e da clorofila. Em contrapartida, o metabolismo secundário origina compostos que não possuem uma distribuição universal, pois não são necessários para todas as plantas (CHAMPE et al., 2008; SILVA et al., 2010).

Embora o metabolismo secundário nem sempre seja necessário para que uma planta complete seu ciclo de vida, ele desempenha um papel importante na interação das plantas com o meio ambiente. Um dos principais componentes do meio externo cuja interação

é mediada por compostos do metabolismo secundário são os fatores bióticos. Desse modo, produtos secundários possuem um papel contra a herbivoria, ataque de patógenos, competição entre plantas e atração de organismos benéficos como polinizadores, dispersores de semente e microorganismos simbiotes. Contudo, produtos secundários também possuem ação protetora em relação a estresses abióticos, como aqueles associados com mudanças de temperatura, conteúdo de água, níveis de luz, exposição a radiação UV (ultra-violeta) e deficiência de nutrientes, e de minerais (BRAVO, 1998; BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006; NASS, 2007; SILVA et al., 2010).

Os principais metabólitos secundários estão distribuídos em três grupos de acordo com sua rota biossintética: terpenos, compostos fenólicos e compostos contendo nitrogênio (FIGURA 14). Os terpenos são originados a partir do ácido mevalônico (no citoplasma) ou do piruvato e 3-fosfoglicerato (no cloroplasto). Os compostos fenólicos são derivados do ácido chiquímico ou ácido mevalônico. Por fim, os alcalóides são derivados de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina), os quais são derivados do ácido chiquímico, e também de aminoácidos alifáticos (ornitina, lisina) (TAYZ; ZEIGER, 2004; SILVA et al., 2010).

Figura 14- Principais vias do metabolismo secundário e suas interligações.



Fonte: Tayz; Zeiger, (2004), adaptado por Silva et al., (2010).

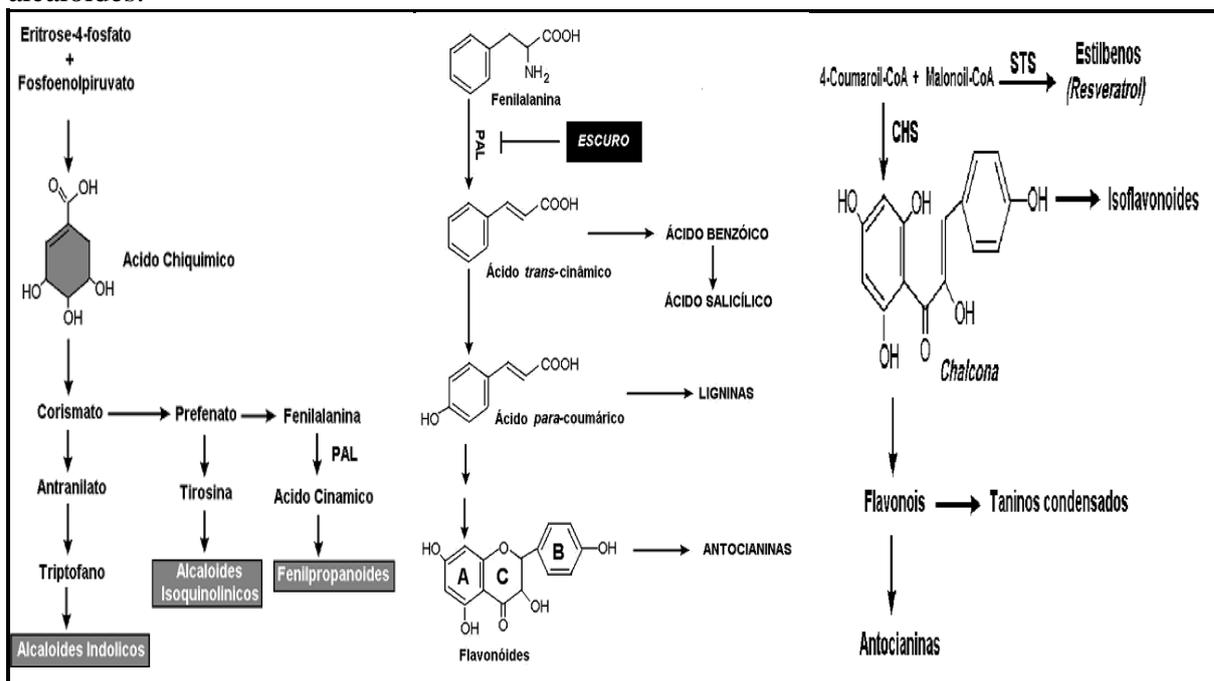
A origem de todos os metabólitos secundários pode ser resumida a partir do metabolismo da glicose, via dois intermediários principais: o ácido chiquímico e o acetato. O ácido chiquímico é precursor de taninos hidrolisáveis, cumarinas, alcalóides derivados dos aminoácidos aromáticos e fenilpropanóides, compostos que tem em comum a presença de um anel aromático na sua constituição. Ao passo que os derivados do acetato são os aminoácidos alifáticos e os alcalóides derivados deles, terpenóides, esteróides, ácidos graxos e triglicerídeos (LEITE, 2008; PEREIRA; CARDOSO, 2012).

Vários fatores influenciam a biossíntese dos metabólitos secundários e os teores de nutrientes nas plantas, podendo-se destacar a idade da parte colhida como possível causa de variações. Muitas espécies vegetais possuem pré-disponibilidade genética natural para produzir produtos secundários em estágios particulares de desenvolvimento ou sob condições de estresse. Além disso, o conteúdo de metabólitos secundários podem variar de acordo com a espécie do vegetal, condições de clima e solo (SIRIWOHARN et al., 2004; RIBEIRO et al., 2008; MÜLLER et al., 2012). A seguir iremos revisar os principais componentes não-nutrientes antioxidantes em alimentos de origem vegetal: compostos fenólicos e carotenóides.

3.3.3.1 Compostos fenólicos

As plantas são fontes de alimentos energéticos e protéicos e também de diversos outros compostos químicos, principalmente do metabolismo secundário, comumente chamados de fitoquímicos (OSAKABE et al., 2000; CHOUCOULI et al., 2013). Os compostos fenólicos ou polifenóis são uma classe específica de fitoquímicos, composta de pelo menos 10.000 substâncias já descritas, os quais podem ser encontrados em diversas partes das plantas, como nas sementes, frutos, folhas, casca, caule e também na raiz (FARAH; DONANGELO, 2006; HECK; MEJIA, 2007; LEOPOLDINI et al., 2012). Este grupo de compostos engloba tanto moléculas simples como moléculas com alto grau de polimerização, que se encontram nos vegetais na forma livre ou ligada a açúcares (glicosídeos) e proteínas (CROFT, 1998; BRAVO, 1998; CAETANO, 2009; SILVA et al., 2010). Os compostos fenólicos são essenciais para o crescimento e reprodução de plantas, sendo sintetizados mais intensamente em condições de estresse, como infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (ANGELO; JORGE, 2007). São compostos instáveis, facilmente oxidáveis em pH alcalino (BEZERRA, 2008). E são sintetizados a partir de duas rotas metabólicas principais: a via do ácido chiquímico, a partir de carboidratos (FIGURA 15) e a via do ácido mevalônico. O ácido chiquímico é formado pela condensação de dois metabólitos da glicose, ou seja, o fosfoenolpiruvato e a eritrose-4-fostato. O próximo passo dessa via é a formação do ácido corísmico através da junção do ácido chiquímico e uma molécula de fosfoenolpiruvato. O ácido corísmico por sua vez gera os aminoácidos aromáticos (triptofano, fenilalanina e tirosina) que são precursores de vários alcalóides. Contudo, um dos primeiros grupos de compostos fenólicos formados a partir do ácido corísmico são os fenilpropanóides. A principal enzima da via do ácido chiquímico é a fenilalanina amônio liase (PAL). Essa enzima retira uma amônia da fenilalanina formando o ácido cinâmico.

Figura 15- Via do ácido chiquímico para biossíntese de compostos fenólicos e alguns alcalóides.

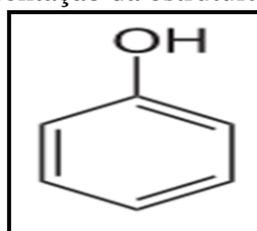


Fonte: Taiz; Zeiger, (2004); adaptado de Dantas, (2011).

Entre as substâncias formadas após a ação da PAL estão o ácido benzóico, o qual dá origem ao ácido salicílico e os flavonóides. Além da ação da PAL, para que haja biossíntese de flavonóides, é necessária a atuação de uma outra importante enzima. Trata-se da chalcona sintase (CHS). Algumas espécies vegetais sofreram uma mutação nessa enzima, o que deu origem a acumulação de estilbenos, uma classe de compostos relacionados aos flavonóides. O resveratrol é um estilbeno de grande importância. A enzima CHS é necessária para que haja formação de importantes flavonóides como as antocianinas, os flavonóis, os taninos condensados e os isoflavonóides (TAIZ; ZEIGER, 2004; ANGELO; JORGE, 2007; DANTAS, 2011).

Os compostos fenólicos possuem na sua estrutura no mínimo, um anel aromático, com uma ou mais hidroxilas como grupos funcionais. O composto fenólico mais comum é o fenol simples, que possui apenas uma hidroxila ligada ao anel aromático (FIGURA 16), como os ácidos fenólicos, e o mais polimerizado, como os taninos.

Figura 16- Representação da estrutura química do fenol simples.



Fonte: Nascimento, (2010).

Os compostos fenólicos desempenham um importante papel na natureza, atuando na regulação da maturação de frutos e proteção destes face a agressão de agentes, tais como bactérias e insetos. Nutricionalmente exercem uma ação preponderante no desenvolvimento de características sensoriais como a cor e o sabor (adstringência) de certos alimentos (HASLAN, 1980; BRENNNA; PAGLIARINI, 2001; FRIEDMAN, 2007; SOARES et al., 2008; OLDONI, 2010; SOUSA; LIMA, 2011; COLPO, 2012; ACHKAR et al., 2014).

3.3.3.1.2 Classificação dos compostos fenólicos

Os compostos fenólicos compreendem o maior grupo de compostos bioativos dos vegetais. A diversidade estrutural destes se deve a grande variedade de combinações que ocorrem na natureza, permitindo categorizá-los em várias classes (FALLER; FIALHO, 2009; JANIQUES et al., 2013). A classificação dos compostos fenólicos realizada com base na sua cadeia carbônica principal, encontra-se na tabela 9.

Tabela 9- Classes de compostos fenólicos com base na cadeia carbônica principal.

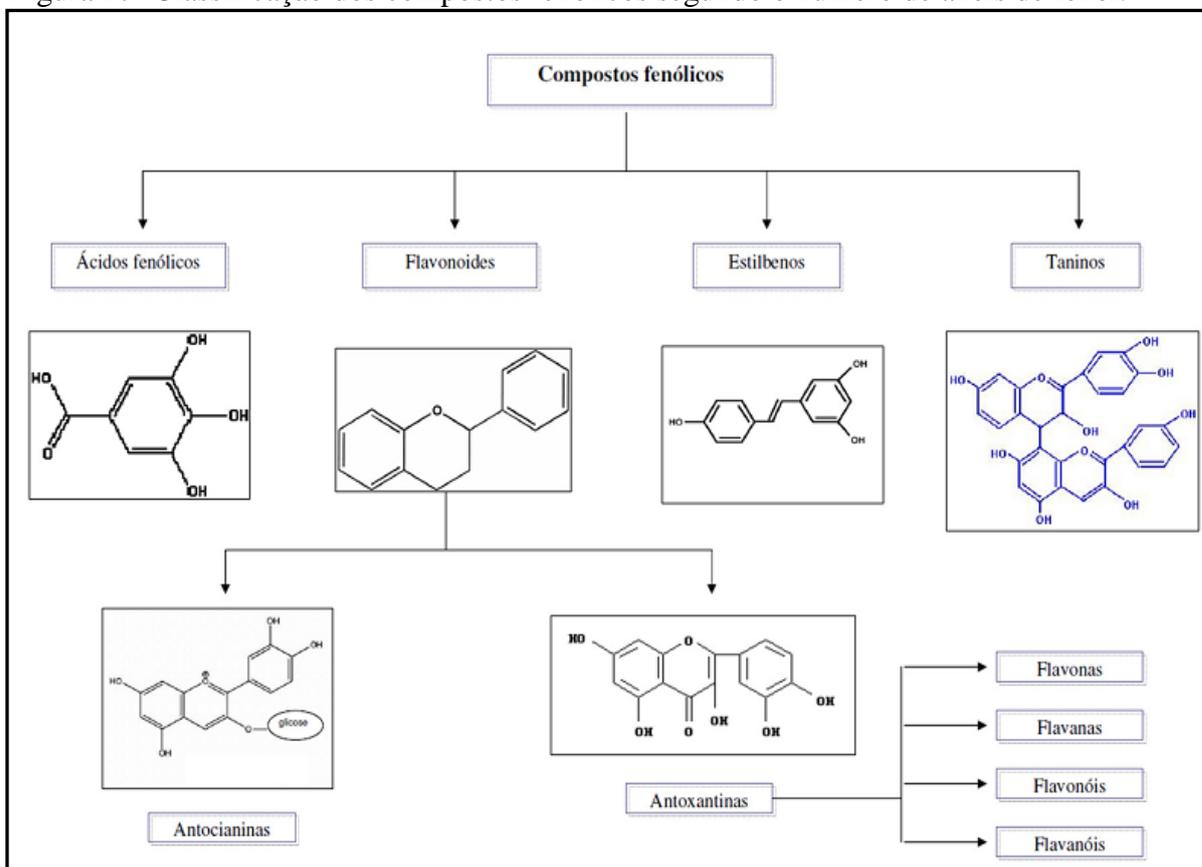
Classe	Estrutura
Fenólicos simples, benzoquinonas	C_6
Ácidos fenólicos	C_6-C_1
Acetofenonas, ácidos fenilacéticos	C_6-C_2
Ácidos hidroxicinâmicos, fenilpropanóides (cumarinas, isocumarinas, cromonas, fenilpropenos)	C_6-C_3
Naftoquinonas	C_6-C_4
Xantonas, benzofenonas	$C_6-C_1-C_6$
Estilbenos, antraquinonas	$C_6-C_2-C_6$
Flavonoides, isoflavonóides, chalcomas	$C_6-C_3-C_6$
Lignanas e neolignanas	$(C_6-C_3)_2$
Diflavonóides	$(C_6-C_3-C_6)_2$
Melaninas vegetais	$(C_6)_n$
Ligninas	$(C_6-C_3)_n$
Taninos hidrolisáveis	$(C_6-C_1)_n$
Taninos condensados	$(C_6-C_3-C_6)_n$

Fonte: Balasundram; Sundram; Samman, (2006); Oldoni, (2007); Angelo; Jorge, (2007).

Segundo Soares et al. (2008), estes compostos também podem ser classificados em diferentes grupos em função do número de anéis de fenol que contêm e dos elementos estruturais que ligam estes anéis, sendo distribuídos em quatro grupos: 1) ácidos fenólicos com subclasses, derivados de ácidos hidroxibenzóicos, como ácido gálico e ácido hidroxicinâmico (possui apenas um unidade fenólica); 2) favonóides, os quais incluem favonóis, favonas, isofavonas, favanonas, antocianidinas e favanóis; (3) estilbenos, cujo representante mais conhecido é o resveratrol; 4) taninos, que são divididos em dois grupos: condensados e hidrolisáveis (ISHIMOTO, 2008; JANIQUES et al., 2013).

A figura 17 apresenta a classificação dos compostos fenólicos de acordo com o número de anéis de fenol e dos elementos estruturais que ligam estes anéis.

Figura 17- Classificação dos compostos fenólicos segundo o número de anéis de fenol.



Fonte: Butterfield et al., (2002); modificado por Ishimoto, (2008).

Para a discussão sobre as propriedades protetoras de saúde os compostos fenólicos podem ser agrupados em flavonóides e não - flavonóides (ácidos fenólicos e cumarinas). Exemplos de fenólicos não – flavonóicos são o resveratrol, encontrado em vinhos, ácido elágico encontrado no caqui e romã e ácido clorogênico, encontrado em café, kiwi e maçã. Os principais flavonóides incluem as antocianinas, flavonas, isoflavonas, flavanonas, flavanóis (catequinas) e as proantocianidinas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ISHIMOTO, 2008; BATISTA, 2010; KATALINIC et al., 2010; JANIQUES et al., 2013).

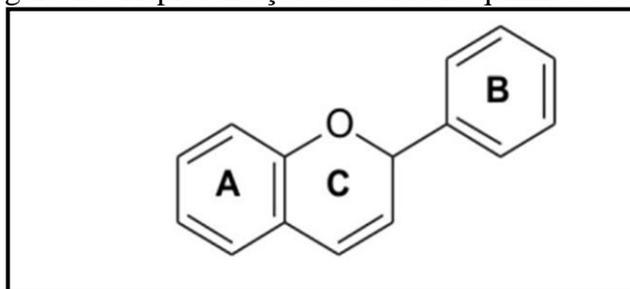
✓ Compostos fenólicos da classe dos flavonoides

Os flavonóides são os polifenóis mais comuns na dieta, correspondendo a aproximadamente 1/3 da ingestão diária. Seu consumo dietético pela população brasileira foi estimado entre 60 a 106 mg/dia. São comumente encontrados em frutas, folhas e sementes e em outras partes das plantas na forma de glicosídeos e agliconas (ARABBI; GENOVESE; LAJOLO, 2004; ABRAHÃO, 2010).

Este grupo de compostos constituem a maior classe de fenólicos vegetais, com mais de 2000 compostos conhecidos. São os pigmentos mais comuns depois da clorofila e dos carotenóides. Possuem uma estrutura básica formada por C₆- C₃- C₆, o difenil propano, possuem 15 átomos de carbono no esqueleto principal, sendo os compostos mais diversificados do reino vegetal. São derivados da benzo- γ -pirona de origem vegetal, uma vez que o esqueleto C15 dos flavonóides é biogeneticamente derivado do fenilpropano (C₆-C₃) e três unidades de acetato (C₆) (HEIM; TAGLIAFERRO; BOBILYA, 2002; AMIÉ et al., 2003; TASCA, 2007).

Os flavonóides podem ser encontrados em diversas formas estruturais contudo, nas frutas e vegetais a estrutura química consiste em dois anéis aromático (A e B) incluindo um anel heterocíclico de seis membros contendo um átomo de oxigênio (C) (compostos tricíclicos), como demonstrado na figura 18 (BRAVO, 1998; PEREIRA, 2009).

Figura 18- Representação da estrutura química dos flavonóides.



Fonte: Angelo; Jorge, (2007); Nascimento, (2010).

Os flavonóides atuam como antioxidantes primários, interrompendo a cadeia de reação através da doação de elétrons ou de hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis. Dentre esses compostos, os flavonóides em especial, atuam também como antioxidante secundário, retardando a etapa de iniciação da autooxidação através da complexação de metais (MELO; GUERRA, 2002; CAETANO, 2009; NASCIEMNTO, 2010).

A estrutura química dos flavonóides apresenta três requisitos possivelmente responsáveis pela atividade de neutralização de radicais exercida por esta classe de compostos: (1) presença do grupo orto-dihidroxi ou grupo catecol no anel B, o que confere uma maior estabilidade à forma radicalar, pois contribui para a deslocalização dos elétrons. Este grupo constitui o principal fator que controla a eficiência dos flavonóides como quelantes de oxigênio singlete (TOURNAIRE et al., 1993); (2) ligação dupla conjugada com a função 4-oxo, que aumenta deslocalização eletrônica a partir do anel B; (3) grupos OH nas posições 3' e 5' com função oxo, que promovem a deslocalização eletrônica do grupo 4-oxo para estes dois substituintes (SILVA et al., 2002).

A OH na posição 3' é um dos fatores responsáveis pela reatividade do flavonóide com oxigênio singlete (TOURNAIRE et al., 1993; RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996; SILVA et al., 2010; ARAÚJO, 2012). Assim as reações que os flavonóides podem prevenir danos causados pelos radicais livres está resumida nas reações apresentadas a seguir (HASSING et al., 1999; PIETTA, 2000; NINJVELDT et al., 2001; GOMES, 2010).

- Por inibição da ação das enzimas responsáveis da produção do anião superóxido, como a xantina oxidase e a proteína quinase C.
- Por quelação de metais que têm um papel importante no metabolismo do oxigênio. O ião ferro e o cobre são possíveis potenciadores da formação de espécies reactivas de oxigênio, como por exemplo pela redução de peróxido de hidrogênio que dá origem a radicais hidróxido altamente agressivos (equação 11):



- Por reação direta com radicais livres. Os flavonóides são oxidados por radicais, resultando num radical mais estável e menos reativo, em compartimentos hidrofílicos e lipofílicos, os flavonóides estabilizam as espécies reativas de oxigênio reagindo com o composto reativo do radical (equação 12):



Muitos estudos sugerem que os flavonóides exibem, além da atividade antioxidante, várias atividades biológicas, incluindo antialérgica, antiviral e antitumoral (HARBONE; WILLIAMS, 2000). Possuem a capacidade de inibir enzimas como as ciclooxidasas e proteínas quinases envolvidas na proliferação e apoptose celular. Eles podem modificar a síntese de eicosanóides com implicações na inflamação e doença vascular. Seus efeitos sobre agregação plaquetária, oxidação da LDL, e vasodilatação sugerem poder de interromper a fisiopatologia da formação da placa de aterosclerótica. Estes resultados mostraram benefícios à saúde (FORMICA; REGELSON, 1995; YANG; MARTINSON; LIV, 2009; MONTEIRO, 2011).

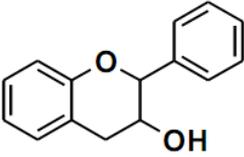
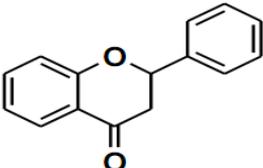
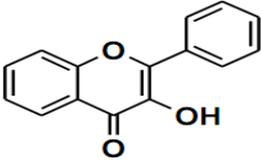
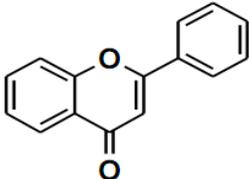
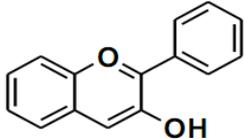
➤ Subclasses dos flavonóides

Existem diferentes formas de classificar as subclasses dos flavonóides. Uma delas, é em função da configuração do anel C, onde divide os flavonóides em duas famílias, os que contêm um grupo hidróxilo na posição C3 do anel C são classificados como 3-hidroxi flavonóides. A este grupo pertencem as subclasses de flavonóides: flavonol, flavanol e antocianidinas. Aqueles que não possuem o grupo hidróxilo na posição C3 são conhecidos

como 3-desoxiflavonóides, subgrupo a que pertencem as flavanonas e as flavonas (ERLUND, 2004; GOMES, 2010).

As várias classes de flavonóides diferem entre si, pelo número e posição das hidroxilas e metoxilas presentes no anel C, enquanto que compostos individuais dentro de cada classe são diferenciados, principalmente, pelo número e posição de hidroxilas e metoxilas presentes nos dois anéis aromáticos. As flavonas e os flavanóis são os dois principais grupos de flavonóides encontrados na natureza (PIETTA, 2000; CAETANO, 2009). A tabela 10 demonstra os flavonóides presentes nos gêneros alimentícios.

Tabela 10- Classes, estrutura química e fontes de flavonóides.

CLASSE	ESTRUTURA	NOME	FONTE	
Flavanóis	OH no C-3, sem dupla ligação entre C-2 e C-3, sem C=O no C-4		Epicatequina Catequina Epigalocatequina Epicatequina galato Epigalocatequina galato	Chá verde, preto, uvas e vinho tinto
Flavanona	C=O no C-4, sem dupla ligação entre C-2 e C-3		Naringina taxofolina	Cascas e frutas cítricas
Flavonóis	OH na posição 3 e C=O na posição 4 do anel C		Canferol Quercitina Rutina Mirecetina	Brócolis, chá preto, cebola, alface, maçã, cerejas, uvas, vinho tinto.
Flavonas	C=O na posição 4		Cricina apigenina	Casca de frutas, aipo, salsa
Antociani dinas	OH no C-3, com ligações duplas conjugadas, sem C=O no C-4		Malvidina Cianidina Apigenidina	Uvas roxa, vinho tinto, morangos, cerejas, frutas e casca de frutas coloridas

Fonte: Rice – Evans; Milher; Paganda, (1996); Gomes, (2010).
onde: OH = grupamento hidroxila; C=O = grupamento carbonila

- *Flavanóis*

Os flavanóis apresentam um grupo hidróxilo no C3 e têm o anel B unido ao anel C através de C2. Não apresentam insaturação no anel C. O flavanol mais comum é a (+)-catequina. Também a (-)-epicatequina é encontrada habitualmente em frutas e vegetais. As mais altas concentrações de catequinas são encontradas no chá e no vinho tinto. A epicatequina possui um total de cinco hidroxilas distribuídas de forma a criar uma estrutura orto-dihidroxi (catecol no anel B) que contribui para o deslocamento de elétrons. Além disso, os outros três grupos hidroxilas livres distribuídos nos anéis A e C, também participam na doação de H. Assim pode-se considerar a epicatequina como sendo uma substância de alto poder antioxidante (MELO, 2010).

- *Flavanonas*

Esta subclasse de flavonóides apresenta o anel B unido ao anel C através de C2, um grupo cetônico na posição do C4 e não apresenta insaturação no anel C. As flavanonas encontram-se exclusivamente em cítricos, estando em maior concentração nos tecidos sólidos, ainda que também sejam encontradas concentrações consideráveis nos sumos. A hesperetina e a naringenina são as flavanonas mais comuns. São encontradas principalmente nas frutas cítricas (GOMES, 2010).

- *Flavonóis*

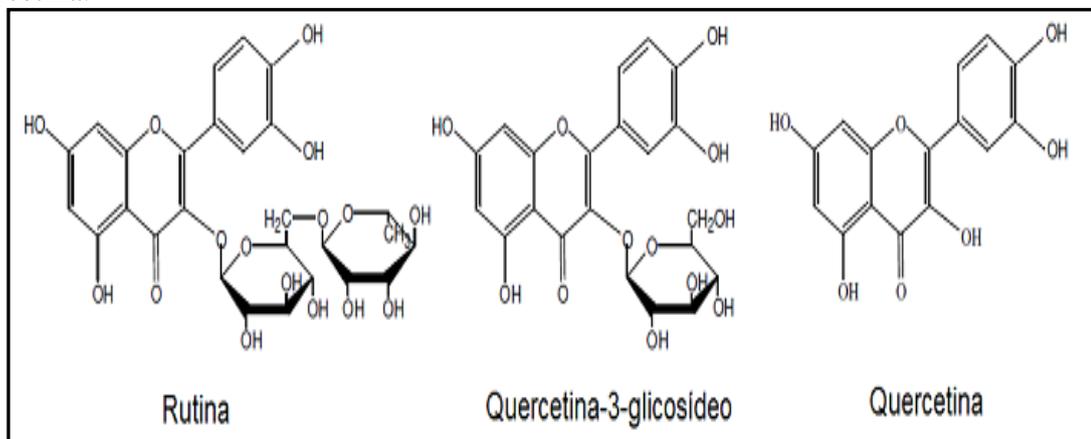
Os flavonóis apresentam uma estrutura planar com uma dupla ligação na posição C2-C3 do anel C o que confere insaturação ao anel. A ligação do anel B ao anel C ocorre através de C2 e apresenta um grupo cetônico na posição C4. Os flavonóis possuem coloração branca ou amarela clara e geralmente acompanham as antocianinas em frutos, provavelmente porque apresentam rotas de biossíntese semelhantes, além de atuarem na copigmentação das antocianinas (MELO et al., 2006). Dentre os flavonóis, as aglicanas, campferol, quercetina e miricetina são os mais comuns (NASCIMENTO, 2010).

A quercetina, o mais abundante flavonóide presente na dieta humana, representa cerca de 95% do total dos flavonóides ingeridos. A cebola, maçã e brócolis são as fontes majoritárias da quercetina. É um antioxidante geralmente encontrado nos alimentos na forma glicosilada, às vezes, como β -glicosidase (BEHLING et al., 2004). Dentre estes compostos,

os de maior interesse são a isoquercitrina (quercetina-3-O-glicosídeo, Q3G), quercitrina (quercetina-3-O-L-ramnosídeo) e a rutina (quercetina-3-O-rutinosídeo), a qual possui um dissacarídeo (rutinose = ramnose + glicose) como substituinte na hidroxila da posição 3 do anel C (pirano) (GOMES, 2010; KIM; KWON; JANG., 2011).

Como pode ser visto na figura 19, existe uma similaridade estrutural entre a quercetina, a isoquercitrina e a rutina, e por isso os três compostos exibem atividades biológicas em comum, incluindo os efeitos antiproliferativos em diversas linhagens tumorais, propriedades anti-inflamatórias e antialérgicas, atividade antioxidante e efeitos na prevenção de doenças ateroscleróticas (WACH et al., 2007; SILVA et al., 2009).

Figura 19- Representação das estruturas químicas da rutina, da quercetina-3-glicosídeo e da quercetina.



Fonte: Wang et al., (2011).

A quercetina possui importantes propriedades antiinflamatórias e antiproliferativas. Além disso, é considerada um excelente antioxidante neutralizador de radicais livres, mesmo nos casos em que essa atividade depende da disponibilidade intracelular de glutatona reduzida. Além de sua atividade antioxidante, a quercetina exerce um efeito próapoptótico direto em células tumorais, podendo efetivamente bloquear o crescimento de várias linhagens celulares de câncer em diferentes fases do ciclo celular (ARAÚJO, 2012).

A isoquercitrina apresenta algumas atividades biológicas importantes, como antioxidante, anti-inflamatória, atividade de proteção contra a aterosclerose e estabilização plaquetária (WANG et al., 2011). Segundo alguns autores, os efeitos biológicos atribuídos à Q3G são superiores aos efeitos observados para a rutina (SALIM et al., 2004; FERNANDEZ et al., 2005; MOTOYAMA et al., 2009).

A rutina é amplamente distribuída e abundante entre diversos vegetais folhosos e frutas cítricas encontrados no mundo inteiro. A rutina e seus derivados estão presentes em altas concentrações na cebola, na maçã, no brócolis, no vinho, no chá, nos frutos de fava

d'anta (*Dimorphandra* sp.) (planta do cerrado brasileiro), em cascas de frutas cítricas (laranja, toranja, limão, lima) e em outras frutas, como o mirtilo (ARAÚJO, 2012). Estudos relataram que a rutina possui várias propriedades farmacológicas, tais como: atividade antioxidante, com alto potencial de neutralização de radicais $\text{OH}\cdot$ e $\text{O}_2\cdot$ e inibição da peroxidação lipídica, além das atividades citoprotetora, vasoprotetora, antiproliferativa, antitrombótica e cardioprotetora. A rutina é capaz de diminuir a permeabilidade capilar, exercendo efeito vasoconstritor sobre os vasos sanguíneos periféricos e inibindo o conteúdo de fator de ativação plaquetária (PAF). Tem sido relatado ainda que a rutina previne ulcerações na mucosa gástrica em diversos modelos animais (LA CASA et al., 2000; ARAÚJO, 2012).

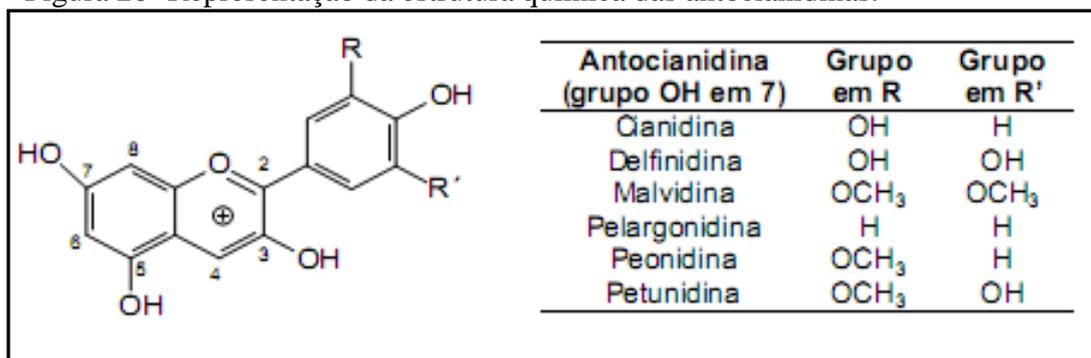
- *Flavona*

As características estruturais das flavonas são a dupla ligação entre os C2-C3 que lhes conferem insaturação no anel C, um grupo cetônico no C4, e a união do anel B ao anel C através do C2. As principais flavonas na dieta são apigenina, luteolina, e a tricetina sendo as suas fontes mais importantes a pimenta vermelha, o aipo, a salsa, e o tomilho (GOMES, 2010; NASCIMENTO, 2010).

- *Antocianidinas*

Apresentam o anel B ligado ao anel C através de C2, a insaturação do anel C deve-se a duas ligações duplas, C1-C2 e C3-C4, e um grupo hidróxilo no C3. O grupo mais comum de flavonóides pigmentados consistem nas antocianidinas e os glicosídios de antocianidinas. (GOMES, 2010). As mais comuns antocianidinas incluem a pelargonidina, cianidina, delphinidina, malvidina, peonidina e petunidina (figura 20) (CHIOU et al., 2014).

Figura 20- Representação da estrutura química das antocianidinas.



Fonte: Chiou et al., (2014).

Os glicosídeos de antocianidinas (antocianinas) constituem um grupo de pigmentos fenólicos solúveis em água, responsáveis pelas várias nuances entre laranja, vermelho e azul, exibidas pelas frutas, hortaliças, flores, folhas e raízes (LIMA et al., 2006; BATISTA, 2010; PEREIRA; CARDOSO, 2012; CHIOU et al., 2014). Estruturalmente são constituídos por glicosídeos que apresentam açúcares ligados a sua estrutura no carbono três do anel pirano. Sem a presença de açúcares em sua estrutura, as antocianinas são conhecidas como antocianidinas. Os açúcares mais prevalentes no grupo glicosil são glicose, galactose, raminose, xilose, e arabinose. As antocianinas possuem diversos efeitos *in vitro* que sugerem benefícios potenciais à saúde em geral (MAZZA, 2007; BERGAMASCHI, 2010; MARTÍN BUENO et al., 2012; CHIOU et al., 2014).

O potencial antioxidante das antocianinas pode chegar a ser duas vezes maior que os antioxidantes disponíveis comercialmente como, por exemplo, a (+)-catequina e outros compostos (SEERAM et al., 2002), podendo chegar a apresentar melhor atividade antioxidante que o butil hidroxianisol (BHA) e o butil hidroxitolueno (BHT) (ESPÍN et al., 2000). Além disso, as antocianinas têm uma aparente habilidade por serem fortemente polares e poderem substituir os antioxidantes lipofílicos como, por exemplo, a vitamina E (RAMIREZ-TORTOZA et al., 2001; ROCKENBACH, 2008).

Assim, as antocianinas são consideradas importantes para a manutenção da saúde, devido a ações de inibição e do crescimento de células cancerígenas e inflamatórias, atuando como um agente vasoprotetor e como agente anti-obesidade, tendo efeito preventivo das doenças como diabetes e cardiovasculares, e melhorias nas funções visuais e cerebrais (TSUDA, 2012; CHIOU et al., 2014).

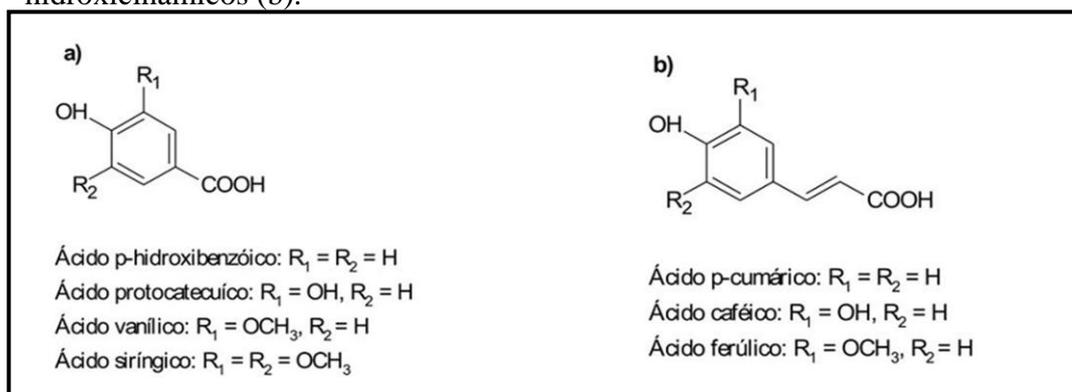
✓ Compostos fenólicos da classe dos não-flavonóides

• Ácidos fenólicos

Os ácidos fenólicos, representam a classe de fenólicos não-flavonóide. São metabólitos aromáticos secundários de plantas, e apresentam a estrutura mais simples dentre os compostos fenólicos. O termo “ácidos fenólicos”, em geral, descrevem os fenóis que possuem um ácido carboxílico como grupamento funcional. Os ácidos fenólicos podem ser divididos em dois grupos (FIGURA 21). O primeiro é composto pelos ácidos hidroxibenzóicos, que possuem uma estrutura com sete átomos de carbono (C_6-C_1), caracterizando-se pela hidroxilação do carbono 4 do ácido benzóico. Deste grupo o

componente mais encontrado é o ácido gálico, ácido p-hidroxibenzoico, e ácido vanílico. O segundo grupo é formado pelos ácidos hidroxicinâmicos, que possuem nove átomos de carbono (C₆- C₃), caracterizando-se pela hidroxilação do carbono 4 do ácido cinâmico. Os mais representativos são os ácidos p-cumárico, caféico, ferúlico e sinápico, sendo que o ácido caféico representa 70% dos ácidos hidroxicinâmicos presentes em frutas (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006; STALIKAS, 2007; JARDINI, 2010).

Figura 21- Representação da estrutura química dos ácidos hidroxibenzoicos (a) e hidroxicinâmicos (b).



Fonte: Nascimento, (2010).

A atividade antioxidante dos derivados dos ácidos hidroxicinâmicos é maior do que as dos ácidos hidroxibenzoicos. A presença do grupo -CH=CH-COOH na estrutura do ácido cinâmico aumenta sua capacidade de estabilizar os radicais livres. Provavelmente ocorre a conjugação da dupla ligação do grupo -CH=CH-COOH com as ligações duplas do anel. Quanto mais próximo esse grupo estiver do grupo fenil, maior será a capacidade antioxidante do grupo hidroxila na posição meta (RICE-EVANS; MILLER; PAGANDA, 1996; MACHADO et al., 2008; BERGAMASCHI, 2010).

Além desses dois grupos, Soares (2002) coloca as cumarinas, substâncias derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido o-cumárico, como sendo uma terceira classe de ácidos fenólicos. As cumarinas estão presentes nas famílias *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, e *Poaceae*. Muitas atividades farmacológicas foram atribuídas as cumarinas, tais como hipotensora (HUANG et al., 1992; (YANG et al., 2009; SILVA et al., 2014), antimicrobiana, antiinflamatória e atividade antitumoral. Há relatos de interações de uma série de cumarinas com as seguintes espécies reativas de oxigênio, seqüestro de superóxidos, radicais hidroxila e ácido hipocloroso (PAYA; HALLIWELL; HOULT, 1992). Por vários anos foi empregada pela indústria alimentícia (KOVACIK; REPCAK, 2008; CAETANO, 2009).

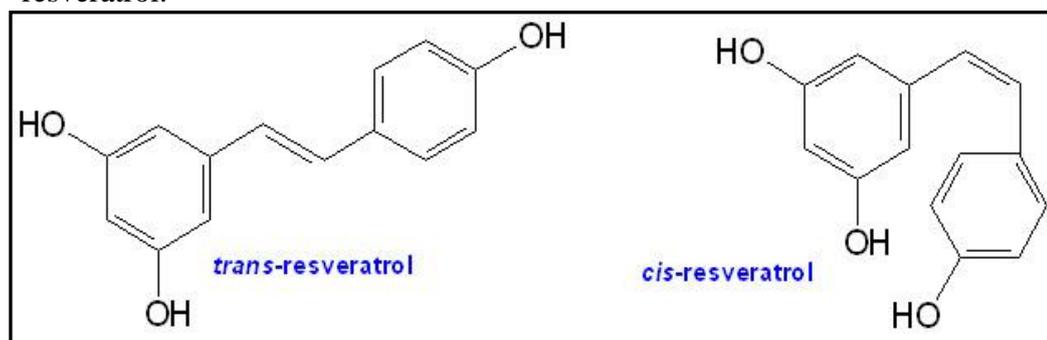
- Estilbeno

O estilbeno faz parte de uma classe de compostos fenólicos não flavanóides. Esses compostos estão presentes em várias famílias dos vegetais, incluindo as famílias *Dipterocarpaceae*, *Fagaceae*, *Gnetaceae*, *Liliaceae*, *Leguminosae*, *Moraceae*, *Myrtaceae*, *Papilionaceae*, *Pinaceae* e *Vitaceae*. Os compostos fenólicos do tipo estilbenos são formados basicamente por dois anéis benzênicos unidos por ligações insaturadas com grupos hidroxilas, metoxilas e acetil, que caracteriza os diversos estilbenos (PIANO et al., 2013).

A família dos estilbenos tem revelado importantes ações inibitórias face à oxidação lipídica, sendo considerado como um potente agente antioxidante. Possui também ação anti-inflamatório, capacidade de combater a agregação plaquetária e a proliferação celular. Sendo sua ingestão considerada muito importante para a saúde humana (OLDONI, 2010; PIANO et al., 2013).

O resveratrol é o estilbeno natural mais simples encontrado em muitas espécies vegetais. É sintetizado naturalmente na planta sob duas formas isômeras: trans-resveratrol (trans-3,5,4'-trihidroxiestilbeno) e cis-resveratrol (cis-3,5,4'-trihidroxiestilbeno), (FIGURA 22). O que diferencia as duas formas é o número e a posição dos grupos de hidroxilas e metoxilas presente nas moléculas (PIANO et al., 2013; SILVA et al., 2014). O isômero trans-resveratrol é convertido para cis-resveratrol em presença da luz visível, pois o cis é o mais estável.

Figura 22- Representação da estrutura química dos isômeros trans-resveratrol e cis-resveratrol.



Fonte: Sautter et al., (2005).

O resveratrol tem atividade antioxidante através da inibição da atividade dioxigenase da lipoxigenase, pode também atuar de modo similar ao estrogênio e substituir parcialmente este estrogênio nos tratamentos pós-menopausa. Conforme SUBBARAMAIAH et al. (1998), a atividade antiinflamatória do resveratrol é explicada pela inibição da transcrição e atividade da ciclooxygenase (COX-1 e COX-2), inibindo também a síntese de tromboxinas, portanto atuando como anticoagulante. O resveratrol atua sobre o câncer em diversas maneiras, uma destas é a inibição da cascata do ácido araquidônico, esta rota metabólica pode induzir a gênese de tumores. Outra via é pela inibição da proteína C quinase,

um mediador chave na promoção dos tumores, ação que poderia explicar o seu efeito quimiopreventivo. Estudos indicam que o resveratrol pode ainda induzir a apoptose, morte programada de células, atuando como um agente antiproliferativo de alguns tipos de tumores (SCHNEIDER et al., 2000; SAUTTER et al., 2005; GALICE, 2010).

✓ Compostos fenólicos da classe dos taninos

Os taninos, por sua vez, são compostos de peso molecular intermediário e constituem o terceiro grupo de importância dos fenólicos, podendo ser subdivididos entre os taninos hidrolisáveis e condensados. Estes podem ser considerados antinutrientes por formarem complexos com proteínas, amidos e enzimas digestivas, reduzindo a digestibilidade e, portanto, o valor nutricional dos alimentos (DREOSTI, 2000). Entretanto, estes compostos possuem potencial efeito benéfico para a saúde devido a proteção contra doenças associadas ao estresse oxidativo (MONTILLA et al., 2004; RODRIGO et al., 2005; MONTEIRO, 2011).

Os taninos hidrolisáveis incluem as galitaninas e as elagitaninas, polímeros derivados dos ácidos gálico e elágico (BOBBIO; BOBBIO, 1989; FENNEMA, 1993; MELO; GUERRA, 2002; SOUSA, 2009) e tem a característica de serem prontamente hidrolisáveis com ácidos, bases ou enzimas. Segundo Haslam (2007), têm distribuição taxonômica muito restrita e estão presentes principalmente em plantas dicotiledôneas herbáceas e lenhosas.

Os taninos condensados, também chamados de proantocianidinas, são polímeros de catequinas e /ou leucoantocianidina e possuem maior importância em alimentos (SOARES, 2002). Essa denominação vem do fato desses compostos degradarem-se em soluções de ácidos fortes em antocianidinas (HASLAM, 2007; SOUSA, 2009).

A presença de pequenas quantidades de taninos em frutas conferem-lhes características sensoriais agradáveis. No entanto, quantidades elevadas conferem às frutas e outros alimentos características adstringentes. A sensação de adstringência se deve ao fato dos taninos formarem compostos insolúveis com carboidratos e proteínas. Os fenólicos realizam ligações cruzadas entre cadeias polipeptídicas adjacentes, promovendo a formação de agregados e conseqüentes precipitação protéica. Isso leva a sensação de perda de lubrificação na boca e sensação de adstringência (HASLAN, 2007).

3.3.3.1.1 Fatores que influenciam o conteúdo de compostos fenólicos em frutas e vegetais

O conteúdo final de compostos fenólicos presente nas frutas e vegetais pode estar relacionado a fatores intrínsecos (espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento e maturação) e extrínsecos (condições climáticas, de colheita e processo de armazenamento) (KIM, JEONG, LEE, 2003; SOARES et al., 2008; JANIQUES et al., 2013). No caso de comparação da ação antioxidante, das frutas e vegetais e seus sub – produtos, deve-se levar em consideração que o teor de compostos fenólicos podem variar em função desses fatores. Sendo assim, a retenção destes constituintes, nem sempre é igual entre o mesmo produto analisado (BRAVO, 1998; GORINSTEIN et al., 1999; CEVALLOS-CASALS; CISNEROS-ZEVALLOS, 2010; PAJAK et al., 2014).

Outro grande problema nos estudos desses compostos é a metodologia a ser utilizada para a extração. Esse grupo é composto por diversos subgrupos, que possuem características distintas entre si e cada subgrupo com grande quantidade de moléculas existentes. Com isso, se tem moléculas de diferentes tamanhos e polaridades, que vão exibir comportamentos diferentes e vão necessitar de metodologias distintas para cada tipo.

Por isso, o ideal é conhecer o tipo de composto fenólico presente na amostra estudada, para a utilização de uma metodologia eficaz para aquele determinado tipo de composto fenólico. Porém, nem sempre se conhece o composto presente na amostra. Isso tem se tornado um grande desafio no estudo dos compostos fenólicos (ACHKAR et al., 2014).

3.3.3.1.2 Biodisponibilidade e metabolismo dos compostos fenólicos

O conteúdo total de um nutriente presente em um alimento não revela realmente o valor nutricional deste alimento, pois, deve-se destacar que nem toda a quantidade de um nutriente presente na matriz de um alimento é liberada para a absorção no organismo durante a digestão humana. No que diz respeito a esse assunto dois termos devem ser distinguidos para um melhor entendimento: biodisponibilidade e biacessibilidade. O termo biodisponibilidade, do ponto de vista nutricional, refere-se a fração de um nutriente presente em um dado alimento que é disponível para ser usado nas funções biológicas ou para ser estocado (FAIRWEATHER-TAIT, 1993; TOGNON, 2012). Já bioacessibilidade pode ser definida como a fração de um nutriente que é liberada da matriz de um alimento no trato gastrointestinal (durante a digestão), tornando-se disponível para a absorção intestinal, isto é, para entrar na corrente sanguínea (BENITO; MILLER, 1998; TOGNON, 2012).

Os testes *in vitro* e *in vivo* são utilizados para determinar a biacessibilidade de um nutriente específico em determinado alimento. Os testes *in vitro* simulam as condições

fisiológicas e os eventos que ocorrem durante a digestão no trato gastrointestinal humano, levando em consideração as três áreas do sistema digestivo (estômago, intestino delgado e intestino grosso). Os ensaios *in vivo* podem ser efetuados através de estudo de balanço de matérias e de concentrações teciduais (BENITO; MILLER, 1998; FERNANDEZ-GARCIA; CARVAJAL-LERIDA; PEREZ-GALVEZ, 2009).

A possibilidade de benefícios para a saúde derivado de uma dieta rica em compostos fenólicos depende de sua absorção e de seu metabolismo, que por sua vez está relacionada com sua estrutura, conjugação com outros compostos fenólicos, grau de glicosilação e acetilação, tamanho molecular e solubilidade que influencia em sua biodisponibilidade (BRAVO, 1998; BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006). Estimativas mais precisas sobre a biodisponibilidade de alguns compostos polifenólicos podem ser obtidas pela concentração plasmática e urinária de metabólitos após a ingestão de compostos puros ou de gêneros alimentícios, sabidamente fontes do composto de interesse.

O primeiro passo após a ingestão dos compostos fenólicos presentes na dieta é a liberação dos mesmos de sua matriz. Os ácidos fenólicos são facilmente absorvidos pelo intestino. Entretanto alguns flavonóides que apresentam alto peso molecular, como as proantocianidinas, são pouco absorvidos (GONÇALVES, 2012). A estrutura química dos polifenóis determina a extensão da sua absorção intestinal e a natureza dos metabólitos circulantes no plasma. As formas agliconas (livres de açúcar) podem ser diretamente absorvidas pelo intestino delgado. Entretanto muitos polifenóis estão presentes em alimentos na forma de ésteres e glicosídeos ou, ainda, polímeros que não podem ser absorvidos em sua forma nativa. Essas substâncias podem ser hidrolisadas por enzimas intestinais ou pela microflora colônica antes de serem absorvidas (SANTOS-BUELGA; SCALBERT, 2000)

Durante o curso da absorção, os polifenóis podem ser conjugados no enterócito ou, mais tarde, no fígado. Esses processos de conjugação incluem metilação, sulfatação e glucoronidação (conjugação com o ácido glucurônico). Essas vias de conjugação são processos de destoxificação metabólica comuns a muitos xenobióticos, pois tornam os compostos mais hidrofílicos, facilitando a sua excreção via bile ou urina (SILBERBERG, 2006). Os mecanismos de conjugação são altamente eficientes e, por essa razão, as formas agliconas livres estão geralmente ausentes ou em baixas concentrações no sangue após o consumo de polifenóis em doses nutricionais (MANACH, 2004).

Após a absorção, os polifenóis conjugados podem ser secretados pela rota biliar no duodeno e seguir até o cólon, em que são submetidos à ação de enzimas bacterianas, especialmente α -glucuronidase. Depois desse processo, eles podem ser reabsorvidos. Essa

recuperação enterohepática pode levar a uma longa permanência de polifenóis no corpo (MANACH, 2004).

Os efeitos da matriz do alimento, na biodisponibilidade dos polifenóis, ainda não foram examinados em muitos detalhes. Interações diretas entre polifenóis e alguns componentes de alimentos, como ligações com proteínas e polissacarídeos, podem ocorrer e, conseqüentemente, interferir na absorção. Efeitos indiretos da dieta na fisiologia intestinal (pH, fermentação intestinal, excreção biliar, tempo de trânsito intestinal, entre outros) também são fatores relevantes na absorção dos polifenóis (SILBERBERG, 2006).

Contudo, sabe-se que a maior parte dos polifenóis é hidrofílica o suficiente para ser absorvida por difusão passiva. Entretanto alguns outros mecanismos de permeação podem estar envolvidos, como os transportadores de membrana. Dentre os poucos dados de mecanismo de transporte ativo, um dos mais estudados é o transportador de glicose sódio-dependente SGLT-1 (MANACH, 2004).

O composto mais estudado nesse tipo de transporte é a quercetina glicosilada (ligada à glicose). Observa-se que a sua absorção ocorre no intestino delgado e a eficiência desta é elevada, quando comparada com a administração da sua forma aglicona. O entendimento do mecanismo pelo qual a ligação com a glicose facilita a absorção foi parcialmente elucidado e atribui-se ao fato da afinidade do açúcar, presente na molécula do polifenol, pelo transportador SGLT-1 (MANACH, 2004). Enzimas e transportadores envolvidos na absorção e no metabolismo dos polifenóis também podem ser inibidos ou induzidos na presença de alguns micronutrientes ou xenobióticos. Interações com proteínas do leite foram observadas em um estudo no qual os pesquisadores adicionaram leite ao chá preto, o que aboliu o aumento do potencial antioxidante do plasma observado quando o chá foi consumido sem o leite. No entanto, estudos subseqüentes mostraram que a adição do leite tanto ao chá preto quanto ao verde não alterou a biodisponibilidade de catequinas, quercetina ou campferol em humanos (MANACH, 2004). Certas classes de polifenóis, como os flavonóis, as isoflavonas, flavonas e antocianinas, encontram-se, na maioria das vezes, na forma glicosilada. Comumente, a conjugação acontece apenas com um açúcar, mas pode haver dois ou três açúcares ligados à mesma molécula. Essa glicosilação pode influenciar nas propriedades químicas, físicas e biológicas dos polifenóis (HOST; LAJOLO, 2009).

Para que ocorra a difusão passiva pela membrana da borda em escova do intestino delgado, pode ser necessária a remoção do açúcar. Por essa razão, especula-se que o primeiro passo do metabolismo possa ser a remoção de glicosídeo por enzimas (glicosidases). Glicosidases ativas podem estar presentes em alimentos ou, algumas vezes, em células da

mucosa gastrintestinal, ou podem ainda ser secretadas pela microflora colônica (SCALBERT; WILLIANSO, 2000; GONÇALVES, 2012).

Um outro caminho de absorção de polifenóis foi sugerido. Este envolve duas enzimas presentes na membrana da borda em escova do intestino delgado, a lactase floridizina hidrolase (LPH), que são glicosidases encarregadas de catalisar a hidrólise extracelular de alguns glicosídeos. Após a hidrólise, ocorre a difusão passiva da forma aglicona pela membrana da borda em escova (DAY, 2003; HOST; LAJOLO, 2009).

Polifenóis que não são absorvidos no intestino delgado alcançam o cólon. A microflora colônica encarrega-se de hidrolisar as formas glicosiladas a agliconas que, por sua vez, são extensivamente metabolizadas, podendo originar vários ácidos aromáticos. Os metabólitos da microflora são absorvidos e conjugados com glicina, ácido glucurônico ou sulfato. Os metabólitos de polifenóis não estão livres no sangue. A albumina é a primeira proteína responsável pela ligação. A afinidade de polifenóis pela albumina varia de acordo com a sua estrutura química (SCALBERT; WILLIANSO, 2000; TOGNAN, 2012).

Os efeitos da sulfatação e conjugação com o ácido glucurônico não são claros, mas provavelmente dependem da posição em que a conjugação ocorre. Ácidos hidroxicinâmicos, especialmente os ácidos ferúlico e cumárico, apresentam uma afinidade baixa pela albumina bovina, e alta pela albumina humana. O grau de união com a albumina pode afetar a rota de excreção de metabólitos e sua distribuição para as células e os tecidos (HOST; LAJOLO, 2009).

As concentrações de polifenóis no plasma variam muito após o seu consumo, especialmente de acordo com a natureza dos polifenóis e alimentos que os contêm. As antocianinas são os polifenóis que apresentam as menores concentrações plasmáticas e o pico de absorção máxima ocorre entre 30min e 2 horas após o consumo e é da ordem de poucos nmols/L para uma ingestão de 110 a 200 mg de antocianinas (GONÇALVES, 2012).

Os metabólitos de polifenóis podem seguir dois caminhos para excreção: a via biliar e a rota urinária. Em sua maioria, os metabólitos conjugados são mais facilmente eliminados pela bile, que podem retornar ao lúmen intestinal sendo novamente hidrolizado e reabsorvido pelas células intestinais, e excretado nas fezes. Entretanto conjugados pequenos, como os monossulfatos, são preferencialmente excretados pela urina (HOST; LAJOLO, 2009).

Estudos de biodisponibilidade em humanos relatam que a quantidade de polifenóis intactos encontrados na urina pode variar de um composto para outro. Cerca de 75 a 99% dos polifenóis ingeridos não são detectados na urina. O nível de excreção urinária

indica que quantidades substanciais de metabólitos colônicos são absorvidas e distribuídas pelo sistema circulatório antes de serem excretadas (TOGNON, 2012)..

3.3.3.1.3 Efeitos biológicos dos compostos fenólicos

As ações fisiológicas dos compostos fenólicos despertam grande interesse devido aos seus efeitos antiaterogênicos, neuroprotetores, anti-inflamatórios, anticarcinogênicos e antioxidantes (AJILA; LEELAVATHI; RAO, 2008). Tais efeitos estão relacionados, principalmente, ao combate à geração de espécies reativas de oxigênio (EROs), o que, por sua vez, contribui para a redução do estresse oxidativo, comum em doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer, entre outras (SANTOS et al., 2011; CONTRERAS-CALDERÓN et al., 2011; JANIQUES et al., 2013).

Os polifenóis agem como antioxidantes não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também pela presença de radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente os ácidos graxos (SOARES et al., 2008; FALLER; FIALHO, 2009; DANI et al., 2010;). Tanto os ácidos fenólicos como os flavonoides possuem a capacidade de doar H. De uma forma geral, a ação doadora de H do grupo -OH e -OCH₃ pode ser esquematizada nas equações químicas 12 e 13 (MACHADO et al., 2008).



Na sua generalidade os compostos fenólicos possuem um poder antioxidante superior a antioxidante de outra natureza, como α -tocoferol, o ácido ascórbico e os carotenóides. No entanto, conseguem atuar de forma sinérgica com estes compostos (DICKO et al., 2006; SANTOS, 2011).

A ação benéfica dos compostos fenólicos na saúde humana também vem sendo relacionada com a sua atividade anti-inflamatória e com a atividade que impede, não só a aglomeração das plaquetas sanguíneas, mas também a ação de radicais livres no organismo. Uma vez que protegem moléculas como o DNA, podem vir a abortar alguns processos carcinogênicos (SILVA et al., 2010). A literatura relata, também, a capacidade antimicrobiana, através das propriedades antiviral, antibacterial e antifungal dos compostos fenólicos (SOUSA, 2009).

Um dos efeitos menos desejáveis dos compostos fenólicos, é sua capacidade de interagir com os radicais livres, denominado de efeito pró-oxidante, comprovados e ensaio *in*

vitro, o qual pode levar à mutagênese e carcinogênese, e que pode variar com o tipo de polifenol. Segundo algumas pesquisas, o efeito pró-oxidante de alguns polifenóis deriva da capacidade destes compostos em sofrerem oxidação. Este efeito envolve a interação dos polifenóis com os metais de transição, a qual induz a produção de EROs (HALLIWEL, 2008). O potencial de oxidação dos polifenóis é um fator importante na determinação da sua capacidade sequestrante. Quanto menor o potencial de oxidação, maior é sua atividade de sequestro. Quando o potencial é inferior ao do Fe^{2+} e Cu^{3+} , e ao dos complexos correspondentes, ocorre a redução destes metais, o que leva a formação de substâncias pró-oxidante (SANTOS, 2011).

Essas informações sugerem que o mesmo atributo estrutural que aumenta a capacidade antioxidante pode também exacerbar o estresse oxidativo e os danos funcional e estrutural das moléculas celulares. O fato dos polifenóis poderem atuar como pró-oxidantes e antioxidantes indica que em certas condições e em certos tecidos, eles podem oferecer mais riscos oxidativos do que benefícios antioxidantes. Porém, as alterações metabólicas da estrutura química destes compostos podem atenuar essa reatividade *in vivo* (BEHLING et al., 2004).

3.3.3.1.4 Ocorrência de compostos fenólicos em frutas e vegetais

Os compostos fenólicos têm despertado grande interesse devido ao seu alto teor nos vegetais e elevado poder antioxidante, capaz de remover radicais livres, quelar íons metálicos com atividade redox, modular a expressão gênica e interagir com mecanismos de sinalização celular, sendo atribuída grande parte de sua bioatividade a estas características (DANTAS, 2011).

As principais fontes de compostos fenólicos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, além de outras frutas, como cereja, uva, ameixa, pera, goiaba, maçã e mamão, sendo encontrados em maiores quantidades na polpa do que no suco da fruta. Pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate também são excelentes fontes destes compostos (ANGELO; JORGE, 2007; JANIQUES et al., 2013). Lim, Lim e Tee (2007), demonstram que a goiaba e o papaia possuem maior conteúdo de antioxidantes primários, comparados com os da laranja. As goiabas possuem em sua composição os flavonóides como a quercetina, a miricetina, o canferol e a apigenina (FRANKE et al., 2004; TASCA, 2007). A tabela 11 pode ser observada a ocorrência de compostos fenólicos em algumas frutas.

Tabela 11- Ocorrência de compostos fenólicos em alguns frutos.

Fruta	Fonte	Compostos fenólicos	Referência
Goiaba (<i>Psidium guajava</i>)	Polpa	Ácido Protocatearico, Guavina B, Quercetina, Leucocianidina, Canferol, Quercetina 3- α -L-Arabinofuranosídeo, Quercetina 3- β -galatosídeo, Quercetina 3- β -D-glucosídeo, Canferol-3-glucosídeo, Mecocianidina, Quercetrina.	GUTIÉRREZ; MICHELLI; SOLIS, (2008)
Abacaxi (<i>Ananas comosus L.</i>)	Polpa e/ou suco	Ácido p -cumárico, Ácido ferúlico, Ácido sinápico, Ácido caféico, Ácido siríngico, Ácido p -hidroxibenzóico.	WEN; WROLSTAD, (2002)
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i>)	Suco	Ácido caféico, Ácido p -cumárico, Ácido siríngico, Ácido ferúlico, Quercetina glicosilada.	TALCOTT et al., (2003)
Acerola (<i>Malpighia puniceifolia L.</i>)	Polpa	Ácido caféico, Ácido p -cumárico, Ácido ferúlico, Quercetina, Canferol.	VENDRAMINI; TRUGO, (2004)
Manga (<i>Mangifera indica L.</i>) Tommy Atking	Polpa e/ou casca	Mangiferina, Isomangiferina, Quercetina diglicosídeo, Quercetina 3- o -galatosídeo, Quercetina 3- o -glucosídeo, Canferol-3- o -glucosídeo.	BERARDINI et al., (2005); RIBEIRO et al., (2008)
Laranja	Polpa	Ácido caféico, Ácido p -cumárico, Ácido ferúlico, Narirutina, Hesperidina, Conjugados de quercetina, Conjugados de antocianinas.	PELLEGRINI et al., (2007)
Banana	Polpa	Ácido gálico, Catequina.	MÉNDEZ et al., (2003)
Uvas (<i>Vitis rotundifolia</i>)	Polpa	Cianidina-3,5-diglicosídeo, Malvidina-3,5-diglicosídeo.	HUANG et al., (2009)

3.3.3.2 Carotenóides

Os carotenóides formam um grupo de pigmentos naturais mais abundante na natureza, são substâncias lipossolúveis, encontrados nos cloroplastos e cromoplastos, das plantas superiores. Podem ser encontrados no reino vegetal, animal e em microrganismos, na forma de carotenos ou como ésteres de xantofila. Plantas superiores e microrganismos sintetizam esses pigmentos, enquanto que os animais são incapazes de sintetizá-los, de forma que a presença de carotenóides nestes se deve à ingestão por meio da alimentação. São responsáveis pela coloração vermelha, amarela e alaranjada de frutas, hortaliças, raízes, flores, peixes, invertebrados e pássaros (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; BRITTON, 1998; MINGUÉZ-MOSQUERA; HONERO, 2002; RAO; RAO, 2007; KURZ; CARLE; SCHIEBER, 2008; SILVA et al., 2010).

Os pigmentos carotenóides exercem importante função na fotossíntese e fotoproteção nos tecidos das plantas. A função de fotoproteção se origina de sua habilidade de inativar espécies reativas de oxigênio, tais como, oxigênio singlete, formado da exposição ao ar e a luz. Esta função de fotoproteção está também associada com sua atividade antioxidante na saúde humana (LIU, 2006; BARRETO, 2011).

A composição e o teor de carotenóides de um alimento pode variar, dependendo do cultivar ou da variedade da planta, do estado de maturação, das condições climáticas, das condições de cultivo (tratamento do solo, influência de luz e raios solares, áreas geográficas e estação do ano), manuseio durante a colheita, do transporte, armazenamento e conservação pós-colheita, do processamento e estocagem (BRITTON; LIAAEN-JENSEN; PFANDER, 1995; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; FRANCO, 2001; TASCA, 2007; SILVA et al., 2010).

Os pigmentos naturais, presentes naturalmente nos alimentos, ou adicionados propositalmente, proporcionam cor aos alimentos, contribuindo para o seu aspecto visual, o qual está relacionado à aceitação e escolha de um alimento por seus consumidores (CLYDESDALE, 1993). Paralelamente, os alimentos podem se beneficiar com a adição destes pigmentos devido, por exemplo, ao seu potencial antioxidante, prevenindo a oxidação de alimentos e matérias-primas alimentares, como óleos, carnes, leite e seus derivados, estendendo sua vida-de-prateleira (DECKER et al., 2005; RAHMAN, 2007).

Os carotenóides são também, pigmentos responsáveis pela cor de temperos e ervas (AGOSTINI-COSTA; ABREU; ROSSETTI, 2003). E durante o amadurecimento dos frutos climatéricos, estes pigmentos podem já estar presentes, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila ou podem ser sintetizados simultaneamente com a sua degradação

(CHITARRA; CHITARRA, 2005;). Pantastico em 1975, relatou que o material liberado durante a degradação da clorofila pode ser utilizado para síntese de carotenóides, à medida que os frutos vão amadurecendo e ocorrendo a degradação da clorofila.

A característica estrutural comum dos carotenóides é a cadeia de polieno, um longo sistema de ligação dupla conjugada, que forma a “espinha dorsal” da molécula e influencia suas propriedades químicas, físicas e bioquímicas. Esta cadeia pode apresentar grupos terminais cíclicos, que apresentam substituintes contendo oxigênio. O sistema conjugado, rico em elétrons do polieno, é responsável pela atividade antioxidante dos carotenóides, tanto na absorção do oxigênio singlete, quanto de radicais livres, para interromper as reações em cadeia onde eles estão envolvidos (QUIRÓS; COSTA, 2006; McNULTY et al., 2007; SIKORA et al., 2008; FARIA-MACHADO, 2009).

Já foram identificados mais de 600 carotenóides e isso se deve às diferentes modificações da sua estrutura básica mediante hidrogenação, desidrogenação, ciclização, migração de ligação dupla, encurtamento ou extensão da cadeia, rearranjo, isomerização, introdução de substituintes ou combinações destes processos (ZECHMEISTER, 1944; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; FONTANA et al., 2000; MELLO, 2002; SMIDERLE, 2013). Somente 30 a 40 estão presentes nos alimentos, e 13 compostos e 8 metabólitos são encontrados em tecidos humanos, variando conforme as dietas individuais. Entre estes, estão incluídos como principais, o α -caroteno, β -caroteno, licopeno, criptoxantina, zeaxantina e a luteína (HORST; LAJOLO, 2007; COZZOLINO, 2009; SANTOS, 2012; PEREIRA; CARDOSO, 2012). Esses carotenóides são também os mais comumente encontrados no plasma humano. Por isso, são os mais estudados em termos de efeitos de proteção à saúde. Cerca de 90% dos carotenóides na dieta e corpo humano são representados por β -caroteno, α -caroteno, licopeno, luteína e criptoxantina (RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA; AMAYA-FARFAN., 2008; SMIDERLE, 2013).

A estrutura básica dos carotenóides é um tetraterpeno com 40 átomos de carbono, formado por oito unidades isoprênicas de cinco carbonos, ligados de tal forma que a molécula é linear com simetria invertida no centro. O precursor imediato dos carotenóides é o pirofosfato de geranil geranila (GGPP), que é formado por 20 moléculas de carbono derivado de 4 unidades isoprênicas (C5). Duas moléculas de GGPP são condensadas para formar o intermediário pré-fitoeno pirofosfato. Esta molécula, devido à eliminação do grupo fosfato e perda de um hidrogênio, ocasionando a formação de uma ligação dupla no centro da molécula, que irá formar o fitoeno (C40) (FONTANA et al., 2000; FRASER; BRAMLEY, 2004; SMIDERLE, 2013).

O fitoeno é incolor, possui três ligações duplas conjugadas e é a forma básica da qual todos os carotenóides são derivados. Para a formação dos carotenóides coloridos é necessário que ocorra uma série de reações de dessaturação a partir do fitoeno para estender o sistema de ligação dupla conjugada, resultando na formação do fitoflueno, ζ -caroteno, neurosporeno e finalmente do licopeno que possui onze ligações duplas conjugadas, é um pigmento acíclico de cor vermelha (FIGURA 23) (MILLER et al., 1996; FRASER; BRAMLEY, 2004; SILVA et al., 2010).

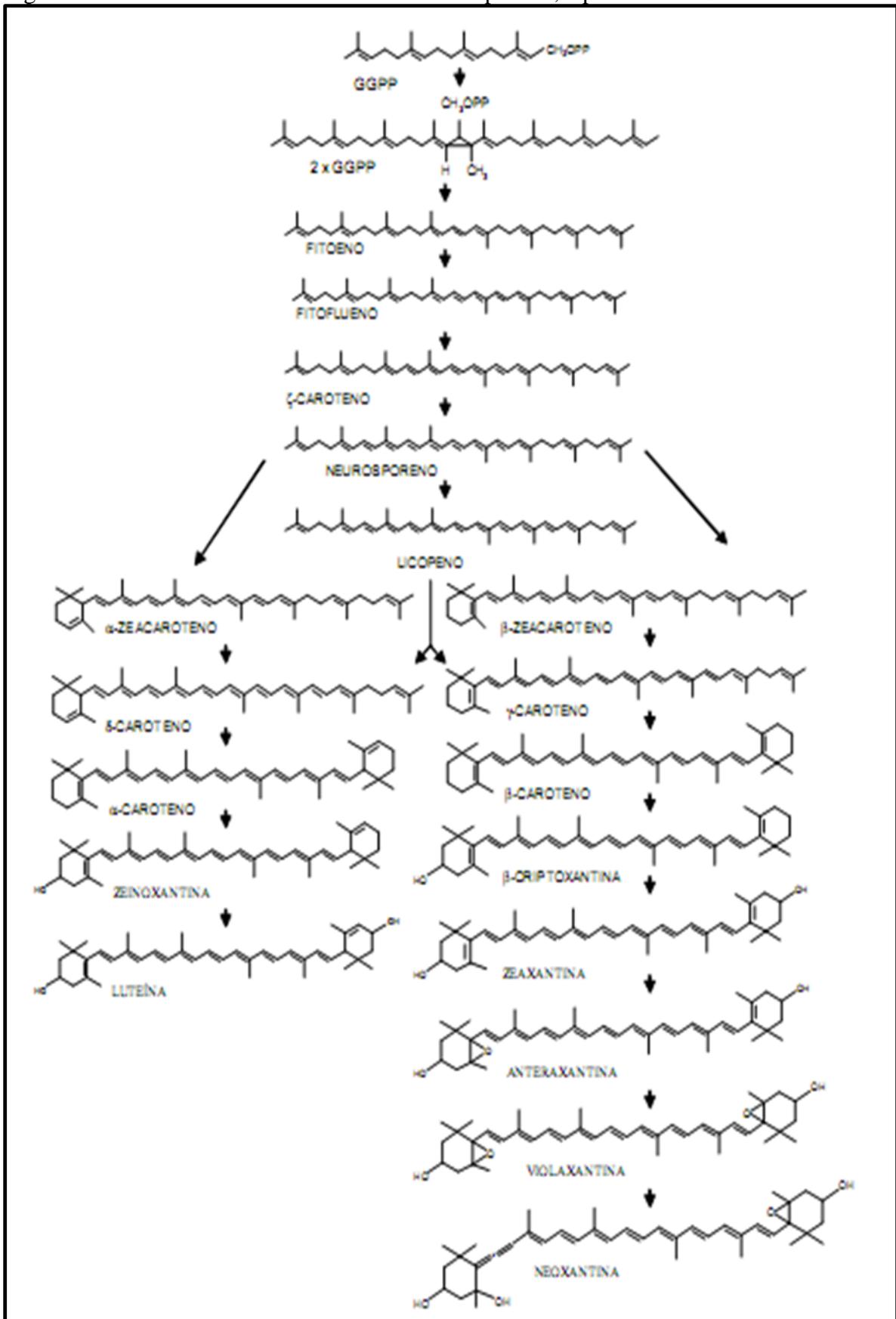
A partir do neurosporeno e do licopeno ocorrem as reações de ciclização onde são formados anéis nas extremidades da cadeia resultando na síntese de carotenóides cíclicos. Em seguida, são introduzidos a estes carotenóides grupos como o oxigênio, como a hidroxila, por exemplo, formando as xantofilas (BRITTON et al., 1995; BRAMLEY, 2002; FRASER; BRAMLEY, 2004).

Os carotenóides são moléculas altamente instáveis, por apresentarem um sistema de ligações duplas conjugadas, podendo o calor, a luz, os ácidos, os metais, o oxigênio e algumas enzimas como a lipoxigenase, provocarem a oxidação e/ou a isomerização desses compostos. Tais processos podem resultar na formação de isômeros cis, epóxidos, diminuição da intensidade da cor, perda da atividade pró-vitáminica A e quebra da cadeia havendo formação de compostos voláteis que conferem sabor desejável ou indesejável aos alimentos (NUNES; MERCADANTE, 2004; TASCA, 2007; FARIA-MACHADO, 2009).

Quanto maior o grau de insaturação dos carotenóides, maior é a sua susceptibilidade. Se o tratamento térmico aplicado for severo poderá ocorrer a destruição da estrutura que protege os carotenóides, aumentando a área de superfície, o que facilitaria a degradação oxidativa dos mesmos, ocorrendo inicialmente isomerização e formação de epóxidos e apocarotenóides (que apresentam menor absorção a 450 nm) (BRITTON; LIAAEN-JENSEN; PFANDER, 1995; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; NUNES; MERCADANTE, 2004; TASCA, 2007; FARIA-MACHADO, 2009).

Podem ser classificados nutricionalmente como pró-vitáminicos (aqueles com atividade pró-vitáminica A) ou carotenóides inativos (aqueles que apresentam apenas atividade antioxidante ou corante). A luteína, o β -caroteno, a violaxantina e a neoxantina são os principais carotenos dos vegetais folhosos e não folhosos. Enquanto que as frutas e os vegetais com frutos têm composição em carotenóides bem mais complexa e diversificada, destacando-se o α -caroteno, o β -caroteno e a luteína (OLSON, 1999; RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008; COSTA, 2012).

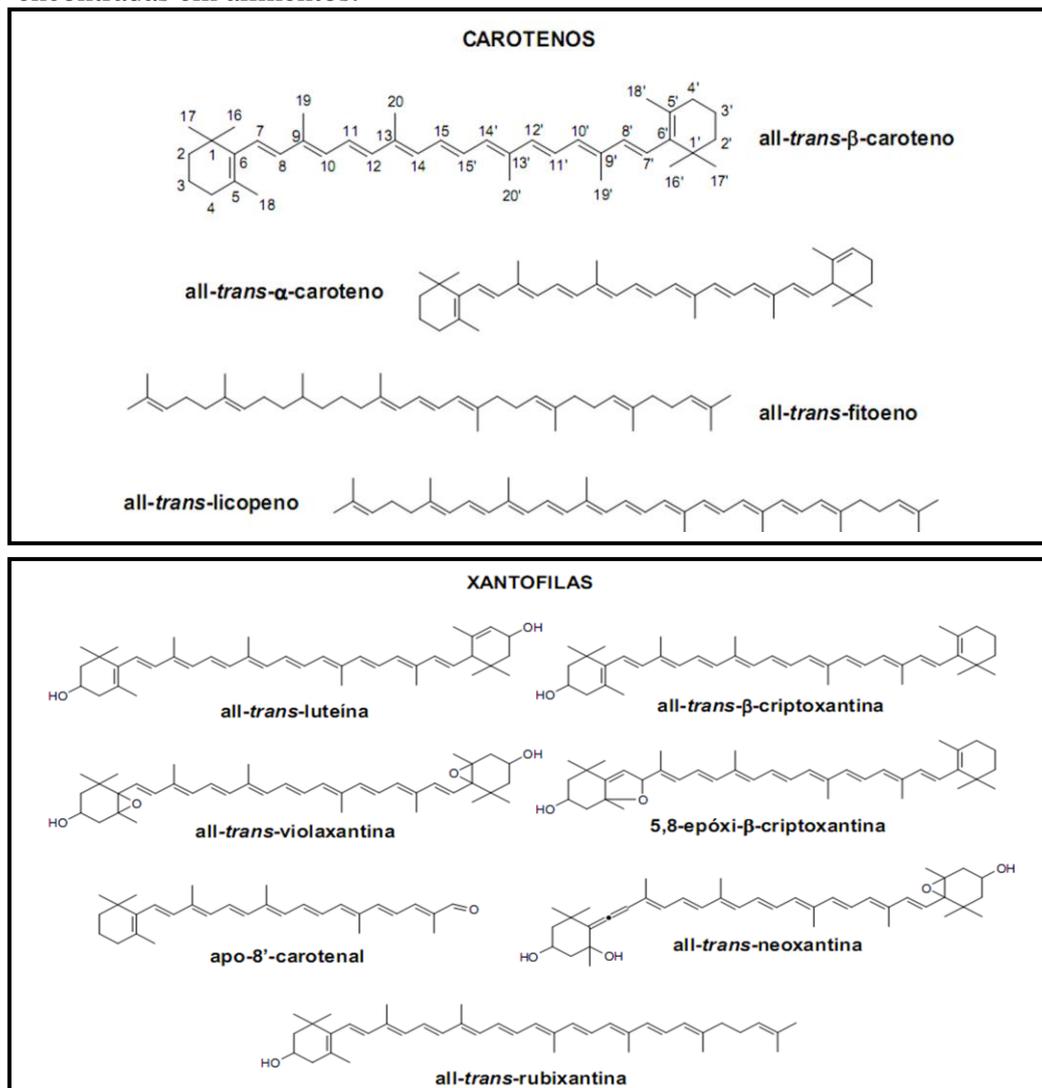
Figura 23- Via biossintética dos carotenóides em plantas, a partir do GGPP.



Fonte: Faria-Machado, (2009).

Segundo a sua estrutura química os carotenóides podem ser classificados em dois grandes grupos, os carotenos quando constituídos por carbono e hidrogênio, ou como xantofilas quando constituídos por carbono, hidrogênio e oxigênio. Neste último grupo estão incluídos pigmentos que possuem em sua estrutura grupos hidroxílicos, carbonílicos, carboxílicos e/ou epóxidos. Possuem sistema de ligação dupla conjugada na cadeia poliênica, podem ter ou não anel nas extremidades da cadeia e grupos funcionais (carbonila, hidroxila, entre outros). Estas propriedades influenciam tanto na capacidade de absorver luz no visível, como na atividade anti-radical livre do carotenóide (QUIRÓS; COSTA, 2006; FARIAMACHADO, 2009; SILVA et al., 2010). A figura 24 ilustra alguns exemplos de diferentes estruturas de carotenóides comumente encontrados em alimentos, sendo que a estrutura do β -caroteno foi numerada para mostrar o sistema de numeração normalmente utilizado para esses pigmentos.

Figura 24- Representação das estruturas químicas de carotenóides, comumente encontradas em alimentos.



Fonte: Faria-Machado, (2009).

Aqueles que possuem ao menos um anel β -ionona e uma cadeia poliênica de onze carbonos, desempenham relevante papel nutricional por apresentarem atividade pró- vitamina A e dentre os mais encontrados na natureza estão: α -caroteno, γ -caroteno, criptoxantina e β -caroteno, sendo este último e seus isômeros os de maiores méritos, tendo em vista a sua atividade de vitamina A, em relação aos demais (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; RAHMAN, 2007). Sendo assim, os carotenóides de origem vegetal têm importância nutricional para o homem como precursores de vitamina A, atuando na manutenção da integridade dos tecidos epiteliais, no processo visual, no crescimento, na reprodução, e etc. (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os carotenóides contêm potencial para benefícios que vão além da atividade de vitamina A, luteína e zeaxantina parecem proteger o olho contra degeneração macular, beta – criptoxantina, encontrada em altos níveis em citros, pode estar inversamente associada com o risco de câncer de pulmão. O consumo de produtos ricos em licopeno tem sido associado à proteção contra certos tipos de câncer, notadamente de próstata (MANISTO et al., 2004; PEREIRA, 2009).

A ingestão de fontes de carotenóides está relacionada aos benefícios que estes compostos podem proporcionar, já que tanto os carotenóides precursores de vitamina A, quanto os não precursores, como luteína, zeaxantina e o licopeno, se mostram associados à ação protetora contra câncer, devido à atividade contra os radicais livres, atuando contra o metabolismo do carcinoma, a inibição da proliferação celular e positivamente estimulando a comunicação entre as células e aumento da resposta imune (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006; RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008; BARRETO, 2011, SMIDERLE, 2013).

Esses pigmentos também possuem importantes funções e ações biológicas, podendo ser considerados promotores da saúde humana (KRINSKY, 1994; KONG et al., 2003). Já é reconhecida a associação entre a ingestão de frutas e vegetais e a redução do risco de desenvolvimento de diversas desordens crônico-degenerativas, sendo os pigmentos um dos grupos de compostos bioativos aos quais são atribuídos tais efeitos (SERDULA et al., 1996; LAMPE, 1999; STANNER; HUGHES; BUTTRISS, 2004; HUANG; OU; PRIOR, 2005; ARAÚJO, 2008; PEREIRA; CARDOSO, 2012). Os mecanismos envolvidos ainda não foram totalmente elucidados, mas de maneira geral, a redução do risco dessas doenças envolve a redução ou inibição de reações de oxidação, ou seja, prevenção do estresse oxidativo.

A ação sequestrante é proporcional ao número de ligações duplas conjugadas, presentes nas moléculas dos carotenóides. Estes compostos reagem com os radicais livres,

notavelmente com os radicais peróxidos e com o oxigênio molecular, sendo a base de sua ação antioxidante. Carotenóides como β – caroteno, licopeno, zeoxantina e luteína, exercem funções antioxidantes em fases lipídicas, bloqueando os radicais livres que danificam as membranas lipoprotéicas (SHAMI; MOREIRA, 2004; PEREIRA, 2009; SILVA et al., 2010). A atividade antioxidante de um carotenóide (Car) sobre espécies reativas pode ocorrer via três possibilidades mecanísticas: transferência de elétrons a partir de seu carbono central (equação 14) e/ou abstração do hidrogênio alílico (equação 15) e adição radicalar (equação 16) (OLIVEIRA, 2008).



Alguns estudos, como por exemplo, o de Bohm et al. (2002), investigaram a atividade anti-radical livre de diferentes carotenóides pelo método ABTS e observaram que o licopeno foi o mais efetivo seguido pelo α -caroteno, β -caroteno e zeaxantina. Da mesma forma, Miller et al. (1996), também analisaram padrões de carotenóides pelo método ABTS obtendo que a atividade do licopeno é maior do que a do β -criptoxantina, esta é semelhante ao do β -caroteno, e esses apresentaram maior atividade do que a luteína e a zeaxantina. O α -caroteno apresentou maior atividade que a cantaxantina, que mostrou atividade semelhante ao da astaxantina.

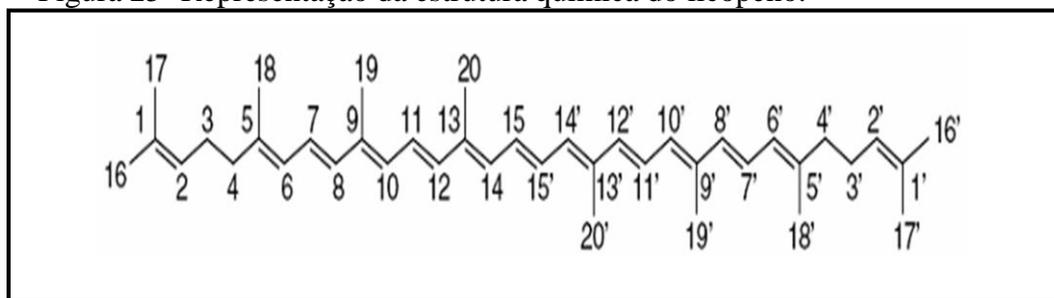
Os carotenóides estão presentes nas frutas vermelhas, tomates (licopeno), cenouras (α e β -caroteno), milho (luteína e zeaxantina), pimentas vermelhas (capsantina), urucum (bixina) e batata doce (β -caroteno). E em outras fontes vegetais como a abóbora, o pimentão vermelho e amarelo, o inhame, o cará, a azeitona roxa, o repolho roxo, as folhas verde-escuras (como brócolis e espinafre), o alface, o aipo, a maçã, o damasco, a manga, a ameixa, a melancia, a laranja, a goiaba, a tangerina, a nectarina e o mamão (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008; RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA, AMAYA-FARFAN, 2008; SILVA et al., 2010; COSTA, 2012; SMIDERLE, 2013). O clima tropical brasileiro favorece a ocorrência de uma grande variedade de frutas ricas em carotenóides tais como a manga com 1,91 a 2,63 mg/100g, a goiaba vermelha com 6,21mg/100g, a pitanga com 1,64mg/100g, o mamão com 0,85mg/100g, e o buriti com 48,88mg/100g (SOUZA, 2007).

Existem várias técnicas instrumentais, dentre as quais a espectrofotometria na região visível do espectro, a espectrometria de massas, a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e a cromatografia a gás (CG) para quantificar e identificar os carotenóides nos alimentos (VERONEZI; JORGE, 2011; SMIDERLE, 2013).

3.3.3.2.1 Licopeno

O licopeno é um caroteno não cíclico que contém onze ligações duplas conjugadas e duas ligações duplas não conjugadas, linearmente arranjadas (FIGURA 25) (LAZARUS; CATIGNANI; WILLCOX, 2003; SHAMI; MOREIRA, 2004; RAHMAN, 2007). O all-trans-licopeno difere dos cis-isômeros em estabilidade e propriedade de absorção de luz. Sua molécula é planar e relativamente mais estável. Os isômeros de licopeno geralmente encontrados em alimentos são o trans-licopeno, e 5, 9, 13 e 15-cis-licopeno (BOSKOVIC, 1984; TASCA, 2007).

Figura 25- Representação da estrutura química do licopeno.



Fonte: Moraes; Colla, (2006).

Licopeno é um isômero acíclico do β -caroteno, presente em muitas frutas e vegetais. Devido ao grande número de ligações dienos conjugadas, o licopeno é um dos mais potentes absorvedores de oxigênio singlete entre os carotenóides naturais e funciona como um antioxidante muito potente. Além disso, ele é capaz de reduzir a mutagênese e, em concentrações fisiológicas, pode inibir o crescimento de células humanas cancerígenas, especialmente em câncer de próstata, sem evidência de efeitos tóxicos ou apoptose celular (LEE; CHEN, 2001; WAWRZYNIAK, 2002; CHANG et al., 2006; TASCA, 2007; SILVA et al., 2010).

Pesquisas e estudos têm sugerido que o licopeno pode prevenir também algumas formas de câncer como câncer de pele, de mama, pulmão, endométrio, leucemia, sendo sugerido na prevenção da carcinogênese e aterogênese por proteger moléculas como lipídios, lipoproteínas de baixa densidade (LDL), proteínas e DNA; também pode atuar na prevenção de problemas cardiovasculares, contra degeneração macular relacionada à idade e cataratas, além de apresentar função imunológica (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999; OLIVER; PALOU, 2000; SHI; LE MAGUER, 2000; BURRI, 2002; NUNES; MERCADANTE, 2004; TOOR; SAVAGE, 2005; SCOLASTICI et al., 2007; ARAÚJO, 2008; PEREIRA; CARDOSO, 2012).

Um das fontes vegetais mais ricas em licopeno é o tomate (SCOLASTICI et al., 2007; SILVA et al., 2010). É encontrado também nas frutas como goiaba, mamão, melancia e uva roxa. Embora considerado precursor do β -caroteno, não apresenta atividade pró-vitamínica A, uma vez que não possui o anel β -ionona (LAZARUS; CATIGNANI; WILLCOX, 2003; SHAMI; MOREIRA, 2004).

O licopeno é o principal carotenóide encontrado na goiaba, representando mais de 85% do total (ESCOBAR; SYLOS, 2006; PADULA; RODRIGUEZ-AMAYA, 1986). Também são identificados, em menor quantidade, o β -caroteno, o all-trans- β -caroteno, 9, 13 e o 15 cis- β -caroteno, o all-trans- γ -caroteno, o ζ -caroteno, o all-trans- β -criptoxantina, o rubixantina, a criptoflavina, a luteína e o neocromo (MERCADANTE; STECK; PFANDER, 1999; THAIPONG et al., 2006; TASCA, 2007). O licopeno foi o principal pigmento encontrado em goiabas, da variedade IAC-4, segundo estudo realizado por Padula e Rodriguez-Amaya (1986). Respectivamente, os teores de licopeno encontrados foram de 86, 78 e 76% em goiaba da variedade IAC-4 cultivadas nos estados de São Paulo, Ceará e Pernambuco. Escobar e Sylos (2006) encontraram teores de 5,88 mg de licopeno/100g na goiaba de variedade Paluma, de 12,21 mg de licopeno/100g na polpa de goiaba (aproximadamente 80%) e de 5,24 mg de licopeno/100g na goiabada (cerca de 85%).

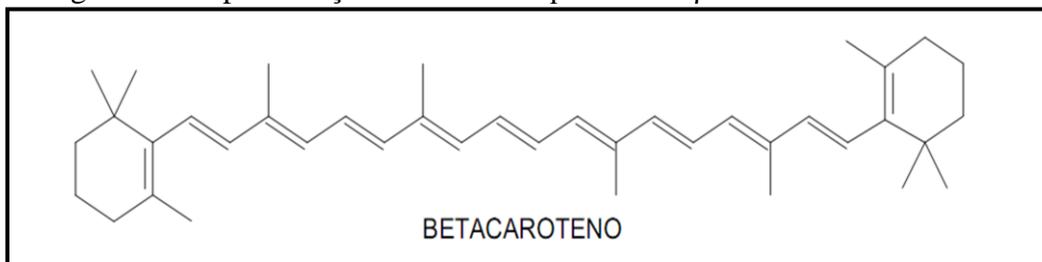
3.3.3.2.2 β -caroteno

O retinol, ou vitamina A, é um álcool cíclico insaturado, que possui vinte átomos de carbono, com uma cadeia lateral insaturada e um anel de β -ionona. Os carotenóides que contêm no mínimo um anel de β -ionona podem se converter em retinol nos animais. Dessa maneira, ressalta-se a importância do β -caroteno, por possuir dois destes anéis. Assim desempenham importante papel fisiológico, ao ser convertido em vitamina A (retinol) e ácido retinóico no corpo humano. Essa conversão ocorre majoritariamente nos intestinos e no fígado (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007; ARAÚJO, 2008; AMARIZ, 2011; PEREIRA; CARDOSO, 2012).

O β -caroteno é o precursor vegetal da vitamina A mais ativo, sendo convertido no organismo à medida que este necessite. Esse carotenóide é produzido na rota do metabolismo secundário das plantas, sendo formado por processos de ciclização da molécula de fitoflueno (TAIZ; ZEIGER, 2004). O nome β -caroteno é oriundo da cenoura, *Dacus carota*. É um carotenóide encontrado em quase todos os alimentos, conferindo a muitos frutos e vegetais uma coloração amarelada (CARVALHO et al., 2006).

Sua estrutura química é constituída por uma cadeia de onze ligações duplas conjugadas (FIGURA 26), podendo existir na forma trans e em diferentes formas de isômeros; os mais comumente encontrados em alimentos são o trans- β -caroteno, e 9, 13 e 15-cis- β -caroteno (MEDEIROS, 2003; RAHMAN, 2007).

Figura 26- Representação da estrutura química do β -caroteno.



Fonte: Moraes; Colla, (2006).

Alguns estudos indicaram sua ação pró-oxidante quando presente em tecidos submetidos à elevada pressão de oxigênio, porém, outros trabalhos comprovaram que há somente um decréscimo na sua atividade antioxidante devido especialmente ao processo de auto-oxidação (GOMES, 2007). O mecanismo da ação antioxidante do β -caroteno está relacionado ao seu caráter hidrofóbico e com sua capacidade de retirar o oxigênio singlete e desativar os radicais livres (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ; VICARIO; HEREDIA, 2007; AMARIZ, 2011).

As propriedades antioxidantes do β -caroteno, atribuídas à sua estrutura química, parecem centrar-se na atenuação da ação dos radicais de oxigênio nas membranas celulares reagindo com os radicais lipídicos, inibindo a reação de oxidação em cadeia. A atividade antioxidante do β -caroteno é efetuada principalmente em áreas do corpo onde existem baixas concentrações de oxigênio, podendo desempenhar um papel complementar a outros antioxidantes, uma vez que as vitaminas C e E, a glutathione, peroxidase e catalase não atuam eficientemente nessas condições (MEDEIROS, 2003; RAHMAN, 2007).

Está associado à prevenção de doenças cardíacas e câncer, devido à sua capacidade como agente quelante do oxigênio singlete molecular (UENOJO; MORÓSTICA JÚNIOR; PASTORE, 2007) e de seqüestro dos radicais peróxidos. Street et al. (1994), relataram uma significativa associação entre baixas concentrações de β -caroteno no plasma e aumento da incidência de infarto do miocárdio. Uma dieta rica em β -caroteno já foi associada ao menor risco de morte prematura devido às doenças coronarianas (BELLIZI et al., 1994; SILVA et al., 2010). Segundo Ambrósio, Campos e Faro (2006b), desenvolvimento da aterosclerose é influenciado pela oxidação da lipoproteína LDL-colesterol, e o β -caroteno atua inibindo esse processo.

É encontrado em diversos vegetais como cenoura, abóbora, manga e mamão (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008; SILVA et al., 2010). Sendo a cenoura e a abóbora as hortaliças reconhecidas como maiores fontes de α e β -caroteno (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008; BARBOSA-FILHO et al., 2008). O buriti é reconhecidamente uma das maiores fontes de carotenóides existentes no Brasil, com valores citados por Rodriguez-Amaya, Kimura e Amaya-Farfan (2008), de até 0,36 mg/g de β -caroteno. Segundo Porcú e Rodriguez-Amaya (2004), as goiabas das variedades Paluma e Ogawa apresentaram teores de 0,21 e 0,22 mg de β -caroteno/100g, respectivamente, e as goiabadas apresentaram teores variando de 0,7 e 0,4 mg de β -caroteno/100g.

3.4 Potencial biotecnológico dos resíduos agroindustriais

O consumo de frutos tropicais aumenta ano após ano devido ao alto valor nutritivo e aos efeitos terapêuticos. Os frutos contêm, além de nutrientes essenciais e de micronutrientes como minerais, vitamina A, C e E, diversos compostos secundários de natureza fenólica, carotenóides, clorofilas, ácidos graxos e folatos (RUFINO, 2008; PAJAK et al., 2014). Vários estudos têm associado esses efeitos benéficos, ao consumo regular de frutos, vegetais, grãos e à presença de substâncias antioxidantes nesses alimentos (PIENIZ et al., 2009; BUENO et al., 2012).

Em todo o mundo e principalmente no Brasil, são geradas grandes quantidades de resíduos pelas indústrias processadoras de alimentos (SOCCOL; VANDENBERGHE, 2003; MAKRIS; BOSKORI; ANDRIKOPOULOS, 2007) que apesar de serem considerados sérios problemas ambientais, podem servir em muitos dos casos, como fontes ricas de substâncias antioxidantes e antimicrobianas (RUBILAR et al., 2007). O elevado valor comercial dos compostos bioativos (compostos fenólicos, vitamina C e antioxidantes) e das fibras dietéticas presentes nos resíduos indica que poderiam ter um destino bem mais nobre que o descarte. (MELO, 2010; AYALA-ZAVALA et al., 2011; SILVA et al., 2014).

Muitas são as justificativas para realizar estudos na área de aproveitamento de subprodutos da indústria de frutos. Primeiro pela diminuição do impacto ao meio ambiente causado pelo descarte desses produtos. Segundo pela oportunidade de opção para a indústria em substituir os aditivos alimentares sintéticos por naturais, como forma de atender o consumidor. E terceiro, pela promoção de uma maior taxa de aproveitamento de alimento como um todo (MELO, 2010).

Pesquisas têm desvendado que as cascas e as sementes de certos frutos exibem atividade antioxidante mais alta do que da polpa, e o perfil dos fitoquímicos antioxidantes é diferenciado nestas partes do vegetal (SOONG; BARLOW, 2004; AJILA; BHAT; PRASADA RAO, 2007; COSTA, 2012). Baseado na composição química de cascas, sementes e bagaços, nota-se uma tendência na utilização destes resíduos na nutrição humana como alimento funcional (DEL VALLE; CÁMARA; TORIJA, 2006; MELO, 2010).

Segundo Hassimotto, Genovese e Lajolo (2005), o teor de fenólicos totais em polpa de goiaba vermelha (124,0 mg/ 100g) foi menor do que o encontrado na pele desta fruta (420mg/100g). Soong e Barlow (2004), relatam que os fenólicos totais de sementes de várias espécies de frutos, como manga, abacate e jaca foram maiores do que os da polpa. Bocco et al. (1998), determinaram a ação antioxidante de sementes de citrus; Wolfe, Wu e Liu (2003), estudaram o potencial antioxidante de casca de maçã; Shuie Leong (2006) investigaram a ação antioxidante de resíduo de carambola; Mielnik et al. (2006), determinaram a atividade antioxidante de sementes de uvas, Caetano et al. (2009), estudaram a ação antioxidante de resíduo agroindustrial de acerola, entre outros.

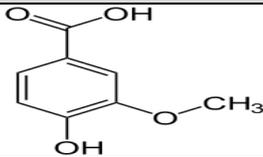
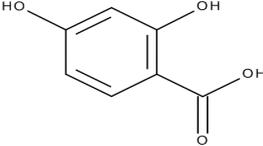
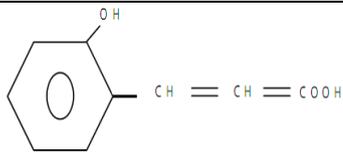
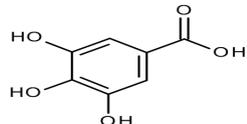
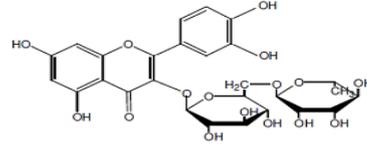
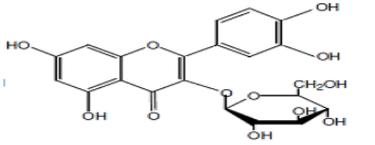
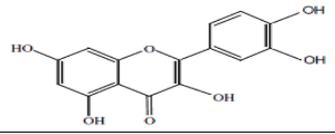
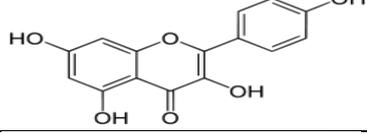
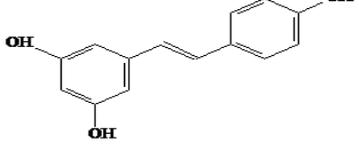
No processamento da goiaba grande quantidade de bagaços é gerado, uma mistura de casca e semente. Resultados encontrados por Jiménez- Escrig et al. (2001), após a avaliação de duas frações da goiaba (casca e polpa), mostraram que tanto a pele quanto a polpa da goiaba apresentaram altos níveis de compostos fenólicos. Os autores sugeriram que as frutas desse gênero são vegetais ricos em fibras dietéticas associadas a antioxidantes naturais podendo tornar-se um material conveniente para produção de fibra dietética antioxidante.

Os resíduos do processamento de goiaba vermelha e de mais quatro amostras foram analisadas por Amin e Mukhrizah (2006), quanto ao potencial antioxidante apresentado. Os resultados mostraram que os resíduos de goiaba vermelha e casca de cacau são potencial fontes de compostos antioxidantes e podem ser explorados como agentes preservativos e nutracêuticos. A atividade antimicrobiana de folhas de goiaba foi testado, apresentando forte ação inibitória sobre o crescimento de *Staphilococcus aureus*. O flavonóide guajaverina (quercetina-3-o- α -L-piranosídeo), extraído de folha de goiabeira apresentou efeito inibitório contra *S. mutans* (PRABU; GNAMAMI; SADULA, 2006).

Extratos de semente de goiaba e compostos isolados a partir dela foram também testados em ensaios biológicos *in vitro* contra células tumorais e apresentaram resultados satisfatórios de inibição da atividade celular (SALIB; MICHAEL, 2004). Já o óleo de semente de goiaba pode ser considerado uma boa fonte de ácido graxo linoléico (PRASAD;

AZEEMODDIB, 1994; MELO, 2010). O quadro 1 apresenta os compostos fenólicos presentes nos resíduos (semente) de goiaba, identificados por cromatografia, descritos por alguns estudos, com suas classes, características funcionais e estrutura química.

Quadro 1- Características e estrutura química dos compostos fenólicos presentes no resíduo de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.). Continua.

Compostos fenólicos	Classe/subclasse e Características Funcionais	Estrutura Química
Ác. vanílico	Ácido fenólico/ ácido hidroxibenzóico Anl; AI; AOx; Av; Hepap ↓ Ats; ↓ RC; ↓ Cv	
Ác. 2,4-dihidroxibenzóico	Ácido fenólico/ ácido hidroxibenzóico AI; AOx; Av; Hepap	
Ác. o-cumárico	Ácido fenólico/ ácido hidroxibenzóico AI; AOx; Av; Hepap ↓ Ats; ↓ RC; ↓ Cv	
Ác. gálico	Ácido fenólico/ ácido hidroxibenzóico Hom; Ads; AI; AOx	
Rutina	Flavonóide/ Flavonol AOx; Hepap; Ab; Au; ↓ PL; ↓ Ats; ↑ RC; ↑ Col. HDL; ↓ Cv.	
Isoquercitrina	Flavonóide/ Flavonol AOx; Hepap; AbAI, ↓ Ats; ↓ AgP; ↓ Glic	
Quercetina	Flavonóide/ Flavonol AOx; Radiop; AI; Ab; Au; ↓ PL; ↓ P e AgP; ↑ RC	
Campferol	Flavonóide/ Flavonol AOx; Av; Au; AI; ↑ RC; ↓ P	
Resveratrol	Não flavonóide/ estilbeno AI; AOx ↓ AgP; ↓ Ats; ↓ PL; ↓ RC; ↓ Cv	

Fonte: Melo, (2010); Santos, (2011); Araújo, (2012); Colpo, (2012).

Onde: Ab- antibacteriano; Ads- adstringente; AgP- agregação plaquetária; AI- anti-inflamatório; Anl- analgésico; AOx-antioxidante; Ats- aterosclerose; Au- antiúlcero; Av- antivírico; Col- HDL- colesterol; Cv- cardiovascular; Glic- glicose; Home- homeostático; Hepap- hepatoprotetor; P-permeabilidade; PL- peroxidação lipídica; Radiop- radioprotetor; RC- resistência capilar;

Embora ainda represente um campo científico que careça de pesquisas, alguns estudos já comprovam as propriedades químicas funcionais de muitos resíduos agroindustriais e seus potenciais de aplicação.

3.5 Ensaio de toxicidade frente ao micro-crustáceo *Artemia salina* sp (TAS)

A letalidade de organismos simples tem sido utilizada para um rápido e relativamente simples monitoramento da resposta biológica (MEYER et al., 1982). O ensaio de letalidade permite a avaliação da toxicidade geral e, portanto é considerado essencial como bioensaio preliminar no estudo de compostos com potencial atividade biológica. Os laboratórios de Produtos Naturais têm inserido dentro de suas rotinas estes ensaios biológicos, no intuito de selecionar e monitorar a pesquisa de extratos de plantas na procura de substâncias bioativas e complementar os estudos com fitoquímicos (COLEGATE; MOLYNEAUX, 1993). Um dos animais que tem sido utilizado nestes bioensaios é uma espécie de crustáceo marinho, conhecido como *Artemia salina*.

A *Artemia salina* é um microcrustáceo de água salgada que é utilizado como alimento vivo para peixes, sendo seus ovos facilmente encontrados em lojas de aquaristas. Este microcrustáceo apresenta alta sensibilidade para uma ampla gama de compostos. (McLAUGHLIN et al., 1991, 1998; SANTOS, et al., 2010, SANCHO, 2011).

Diversos pesquisadores que atuam no desenvolvimento de novas drogas antitumorais obtidas de produtos naturais têm demonstrado correlações positivas entre a letalidade da *Artemia salina* frente a estes produtos e a citotoxicidade, sendo inclusive esta técnica recomendada como um efetivo ensaio preliminar para avaliar a citotoxicidade e atividades antitumorais, que demandam maior tempo e recursos financeiros para a sua realização (MEYER et al., 1982; FAVILA, 2006; CAVALCANTE et al., 2000). Por se tratar de um método simples de ser manuseado, rápido, acessível e de baixo custo, comparada a outros métodos como de larvisida, moluscida, que empregam larvas de *Aedes aegypti*, e antitumoral, antiviral, os quais empregam linhagens de células, a utilização rotineira deste método é facilitada em diversos estudos (LUNA et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2008; ANDRADE, 2010; SANCHO, 2011).

Para a realização do método com a *Artemia salina*, é importante a realização de um teste preliminar, o qual permite estabelecer o intervalo das concentrações que serão avaliadas. Para substâncias químicas é recomendado o uso de concentrações de 10.000; 1.000; 100; 10; 0,1; 0,01 µg/mL e 10 náuplios, como controle negativo utiliza-se água marinha

artificial (VANHAECHÉ et al., 1981; KUNZ, 2007). A partir do resultado obtido, é possível determinar a concentração letal de 50% (LC_{50}) de componentes ativos e extratos em um meio salino. A atividade do teste é manifestada pela toxicidade de componentes ativos, frações ou extrato de produtos naturais frente ao organismo marinho *A. salina* (McLAUGHLIN, 1998; ARAÚJO; CUNHA; VENEZIANI, 2010). Meyer et al., (1982), estabeleceram uma relação entre o grau de toxicidade e dose letal média, apresentado por extratos vegetais contra larvas de *Artemia salina* sp., uma vez que é considerado que, quando valores de LC_{50} acima $1000\mu\text{g/mL}$ são verificados, estes são considerados não tóxicos.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A.; PEREIRA, R. G. F. A.; DUARTE, S. M. da S.; LIMA, A. R.; ALVARENGA, D. J.; FERREIRA, E. B. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffe arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 414-420, mar/abr, 2010.
- ABUD, A. K de S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoito: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal Food Technoly**, Campinas, v. 12, n. 4, p. 257-265, out/dez, 2009.
- ACHKAR, M. T.; NOVAES, G. M.; SILVA, M. J. D.; VILEGAS, W. Propriedade antioxidante de compostos fenólicos: importância na dieta e na conservação de alimentos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 11, n. 2, p. 398-406, ago/dez, 2014.
- ADEGOKE, G. O.; VIJAY KUMAR, M.; GOPALA KRISHNA, A. G.; VARADARAJ, M. C.; SAMBAIAH, K.; LOKESH, B. R. Antioxidants and lipid oxidation in food – a critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 35, n. 4, p. 283-298, 1998.
- AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. Silvio Corrêa et al., Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, Santa Cruz, 2008. 136p.
- AGOSTINI-COSTA, T. S.; ABREU, L. N.; ROSSETTI, A. G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenoides. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 56-58, 2003.
- AJILA, C. M.; BHAT, S. G.; PRASADA RAO, U. J. S. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. **Food Chemistry**, London, v. 102, p. 1006–1011.2007.
- ALTOÉ, J. A. **Produtividade de minicepas, enraizamento de miniestacas e qualidade de mudas de goiabeira e araçazeiros produzidas por miniestaquia**. 2011. 116f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2011.
- ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.
- ALVES, J. E.; FREITAS, B. M. Requerimentos de polinização da goiabeira. **Ciência Rural**. v. 37, n. 5, p. 1281-1286, 2007.
- AMARANTE, C. V. T. do.; STEFFENS, C. A.; DUCROQUET, J. P. H. J.; SASSO, A. Qualidade de goiaba serrana em resposta à temperatura de armazenamento e ao tratamento com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1683-1689, 2008.
- AMARIZ, A. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de acessos de jerimum de leite (*Cucurbita moschata*) pertencentes ao Banco Ativo de**

Germoplasma de Cucurbitáceas da Embrapa Semiárido. 2011. 133f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2011.

AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B.; RAHIMI-MOGHADDAM, P.; BARL, B.; WEIL, J. A. Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. **Food Chemistry**, v. 84, p. 551-562, 2004.

AMAYA-FARFAN, J.; DOMENE, S. M. A.; PADOVANI, R. M. DRI: Síntese comentada das novas propostas sobre recomendações nutricionais para antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 14, n. 1, p. 71-78, 2001.

AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. de A. C e S.; FARO, Z. P. de. Aceitabilidade de flocos desidratados de abóbora. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 39-45, 2006.

AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**. v. 35, n.2, p. 233-243, 2006b.

AMIÉ, D.; DAVIDOVIÉ-AMIÉ, D.; BESLO, D.; TRINAJSTIÉ, N. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. **Croatica Chemica Acta**, v. 76, p. 55-61, 2003.

AMIN, I.; MUKHRIZAH, O. Antioxidant capacity of methanolic and water extracts prepared from food-processing by- products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 86, p. 778-784, jan, 2006.

ANASTASIADI, M.; PRATSINIS, H.; KLETSAS. D.; SKALTSOUNIS, A.; HAROUTOUNIAN, S. A. Bioactive non-coloured polyphenols content of grapes, wines and vinification by-products: Evaluation of the antioxidant activities of their extracts. **Food Research International**. v. 43, p. 805–813, 2010.

ANDRADE, C. A. de. **Estudo químico e biológico das flores e das folhas de *Acacia podalyriifolia* A. cunn. ex g. don, leguminosae – mimosoideae.** 2010. 212f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

ANGÉLICO, E. C. **Avaliação das atividades antibacteriana e antioxidante de *Croton heliotropiifolius* KUNTE e *Croton blanchetianus* BAILL.** 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação de estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. **Boletim da CEPPA**, Curitiba, v. 19. n. 2. p. 353-380. jul/dez, 2001.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Benno Bernardo Krist...[et al]. Editora Gazeta Santa Cruz Ltda. Santa Cruz do Sul. 102p. 2009.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Benno Bernardo Krist...[et al]. Editora Gazeta Santa Cruz Ltda. Santa Cruz do Sul. 128p. 2012.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Heloísa Poll...[et al]. Editora Gazeta Santa Cruz Ltda. Santa Cruz do Sul. 136p. 2013.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 15th ed. Arlington VA: Association of Official Analytical Chemists, p. 1058-1059, 1990.

AOAC. **Official Method. Association of Official Analytical Chemists**, n. 985.29. Washington, DC, USA. 1999.

ARABBI, P. R.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Flavonoids in vegetable commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 1124-1131, 2004.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 335p.

ARAÚJO, J. M. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 4 Ed. Viçosa: Editora UFV, 2008, 477p.

ARAÚJO, M. E. M. B de. **Avaliação das atividades antioxidante e antiproliferativa da rutina e seus produtos obtidos por hidrólise enzimática**. 2012. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade São Francisco. Bragança Paulista, 2012.

ARAÚJO, M. G. F.; CUNHA, W. R.; VENEZIANI, R. C. S. Estudo fitoquímico preliminary e bioensaio toxicológico frente a larvas de *Artemia salina* Leach. de extrato obtido de frutos de *Solanum lycocarpum* A. St. Hill (*Solanaceae*). **Revista Ciências Farmacêuticas Básica Aplicada**, v. 31, n. 2, p. 205-209, 2010.

ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill, 1994. 8p.

ARRUDA, A. M. V.; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F. Importância da fibra na nutrição de coelhos. **Ciência Agrônômica**, v. 24, p. 181-190, 2003.

ARUOMA, O. I. Methodological characterizations for characterizing potential antioxidant actions of bioactive components in plant foods. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 523-524, p. 9-20, 2003.

ASH, C.; MALAKOFF, D. A.; SUGDEN, A. M. Feeding the future. **Science**, v. 327, p. 797, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10004 - elaborada em 1987 e revisada em 2004. Disponível em: <http://www.aslaa.com.br/legislacoes/NBR%20n%2010004-2004.pdf>. Acesso em: 01 jan 2012.

AUGUSTO, O. **Radicais livres: bons, maus e naturais**. São Paulo: oficina de textos, 2006. 115p.

AURICCHIO, M. T.; BACCHI, E. M. Folhas de *Eugenia uniflora* L. (pitanga): propriedades farmacobotânicas, químicas e farmacológicas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, p. 55-61. 2003.

AYALA-ZAVALA, J. F.; VEGA-VEGA, V.; ROSAS-DOMINGUEZ, C.; PALAFOX-CARLOS, H.; VILLA-RODRIGUEZ, J. A.; SIDDIQUI, M. Agro-industrial potential of

exotic fruit by products as a source of food additives. **Food Research International**, v. 44, p. 1866–1874, 2011.

BALASUNDRAM, N.; SUDRAN, K.; SUMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by products: antioxidant activity, occurrence and potential uses. **Food Chemistry**, Barking, v.99, p.191-203, 2006.

BARBOSA, E.; MOREIRA, E. A. M.; FAINTUCH, J.; PEREIRA, M. J. L. Suplementação de antioxidantes: enfoque em queimados. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 6, p. 693-702, 2007.

BARBOSA-FILHO, J. M.; ALENCAR, A. A.; NUNES, X. P.; TOMAZ, A. C. de A.; SENA-FILHO, J. G.; ATHAYDE-FILHO, P. F.; SILVA, M. S.; SOUZA, M. F. V. de.; CUNHA, E. V. L. da. Sources of alpha-, beta-, gamma-, delta- and epsilon-carotenes: A twentieth century review. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 1, p. 135-154, 2008.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-126, 2006.

BARRETO, G. P. de M. **Carotenóides e compostos bioativos: relação com propriedades anti-radical livre e corante em frutas tropicais**. 2008. 165f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

BARRETO, N. D. S. **Qualidade, compostos bioativos e capacidade antioxidante de frutos de híbridos comerciais de meloeiro cultivados no CE e RN**. 2011. 185f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2011.

BARZILAI, A.; YAMAMOTO, K. I. DNA damage responses to oxidative stress. **DNA Repair Journal**, v. 8-9, p. 1109-1115, 2004.

BAST, A.; HAENEN, G. R. M.; DOELMAN, C. J. A. Oxidants and antioxidants: State of the art. **American Journal Medicine**, v. 91, p.2-13, 1991.

BATISTA, P.F. **Qualidade, compostos bioativos, atividade antioxidante em frutos produzidos no submédio do Vale São Francisco**, 2010. 162p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2010.

BEHLING, E. B.; SENDÃO, M. C.; FRANCESCATO, H. D. C.; ANTUNES, L. M. G.; BIANCHI, M. de L. P. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BELLIZI, M. C.; FRANKLIN, M. F.; DUTHIE, G. G.; JAMES, W. P. T. Vitamin E and coronary heart disease: the European paradox. Eur. **Journal of Clinical Nutrition**, v. 48, n. 11, p. 822-831, 1994.

BELLÓ, A. Dano Oxidativo e Regulação Biológica pelos Radicais Livres. In: Marroni, N. P. E cols. **Estresse Oxidativo e Antioxidantes**. Porto Alegre: Editora Ulbra; p.15-19, 2002.

BENAVENT-GARCIA, O.; CASTILLO, J.; LORENTE, J.; ORTUNO, A.; DEL RIO, J. A. Antioxidant activity of phenolics extracted from *Olea europaea L.* leaves. **Food Chemistry**, v. 68, p. 457-462, 2000.

BENITO, P.; MILLER, D.; Iron absorption and bioavailability: na updated review. **Nutrition Research**. v. 18, p. 581-603, 1998.

BENNETT, J. W.; CHUNG, K.; T- Alexander Fleming and the discovery of penicillin. **Advances in Applied Microbiology**, v.49, p.163-84, 2001.

BERARDINI, N.; FEZER, R.; CONRAD, J.; BEIFUSS, U.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Screening of mango (*Mangifera indica L.*) cultivars for their contents of flavonol o – and xanthone C- glycosides, anthocyanins, and pectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p. 1563-1570, 2005.

BERGAMASCHI, K. B. **Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento**. 2010. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

BERSET, C.; CUVELIER, M. E. **Scienses des aliments**. v. 16, 219p. 1996.

BERTOLDI, M. C. **Atividade antioxidante *in vitro* da fração fenólica, das oleorresinas e do óleo essencial de pimenta rosa (*Schinus terebinthifolius Raddi*)**. 2006. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.

BEZERRA, B. P. **Desenvolvimento e validação de método analítico para determinação de teor de ácido gálico e catequina no fitoterápico Sanativo® por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência**. 2012. 139f. Dissertação (Mestrado em Ciências farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

BEZERRA, D. A. C. **Estudo fitoquímico, bromatológico e microbiológico de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke**. 2008. 67f. Dissertação Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2008.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BLAZATTI, M. A. **Potencial de enraizamento, vigor, enxertia interespecífica e resistência a *Meloidogyne enterolobii* em genótipos de araçazeiros**. 2013. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2013.

BIRCH, A. E.; FENNER, G. P.; WATKINS, R.; BOYD, L. C. Antioxidant proprieties of evening primrose seed extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Chicago, v. 49, p. 4502-4507, 2001.

BLUMA, R. V.; ETCHEVERRY, M. G. Application of essential oils in maize grain: Impacto n *Aspergillus* section *Flavi* growth parameters and aflatoxin accumulation. **Food Microbiology**. London, v. 25, p. 324-334, 2008.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à Química de Alimentos**. 2ª Ed. São Paulo: Varela, 1989.

BOCCO, A.; CUVELIER, M. E; RICHARD, H.; BERSET, C. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 46, n. 6, p. 2123-2129, 1998.

BOHM, V.; PUSPITASARI-NIENABER, N. L.; FERRUZZI, M. G.; SCHWARTZ, S. J. Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of α -carotene, β -carotene, lycopene and zeaxanthin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 221-226, 2002.

BOLETIM REGIONAL DO BANCO CENTRAL do Brasil. **Produção Agroindustrial Brasileira**. Abril, 2012.

BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E. (Coord.). **Biotecnologia Industrial: fundamentos**. 1^a. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001, 254p.

BOSKOVIC, A. M. Fate of lycopene in dehydrated tomato products carotenoid isomerization in food system. **Journal of Food and Science**, v. 44, p. 84-86, 1984.

BOYCE, M. C. Simultaneous determination of antioxidants, preservatives and sweeteners permitted as additives in food by mixed micellar eletrokinetic chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 847, p. 369-375, 1999.

BRAMLEY, P. M. Regulation of carotenoid formation during tomato fruit ripening and development. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 2107-2113, 2002.

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

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Lei nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=320>>. Acesso em: 01 jan 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001, Seção I, p. 45-53.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 64 de 16/09/2008. Regulamento Técnico sobre atribuições de aditivos e seus limites máximos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 set. 2008, Seção I, p.56.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de Política Agrícola. Departamento de Comercialização e Abastecimento Agrícola e Pecuário.Coordenação-Geral para Pecuária e Culturas Permanentes. **Informativo CGPCP: fruticultuta**. Ano 5 Vol. 46, dez/jan, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento. Instrução Normativa nº 12/99, de 13/09/99. Padrões de Identidade e Qualidade para Polpas de Frutas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 set. 1999, Seção I, p 72.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01/00, de 07/01/00. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2000, Seção I, p.54-58.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Informativo CGPCP-Fruticultura**. Ano 5 Vol. 46, dez/jan de 2011. Disponível em:<http://www.fruticultura.org/documentos/3/INFORMATIVO%20CGPCP%20%20volume%2046.pdf?1305743203>. Acesso em 21 maio 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos, 2008. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno-lista-alega.htm>. Acesso em 06 maio 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/legisref/public/showAct.php?id=97&word=fibras>>. Acesso em 11 abril 2011.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 04 jan. 2002.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. **Nutrition Reviews**. New york, v. 56, n. 1, p. 317-333,1998.

BRENNA, O. V.; PAGLIARINI, E. Multivariate analysis of antioxidant power and polyphenolic composition in red wine. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 49, n. 10, p. 4841-4844, 2001.

BRITO, A. Relatório de consultoria agroindústria de polpa de fruta no estado de Pernambuco. **Prorural**. Recife, 2011.

BRITO, C. A. K. de.; SIQUEIRA, P. B.; SOUZA, J. C. de.; BOLINI, H. M. A. *In vitro* antioxidant capacity, phenolic, ascorbic acid and lycopene content of guava (*Psidium guajava* L.) juices and nectars. **Boletim da CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 175-182, Jul./Dez. 2009.

BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, R. H. **Carotenoids: isolation analisys**. Brasil: Birkhauser, v.1A, 1995, 187p.

BRITTON, G. Overview of carotenoid biosynthesis. In: Britton, G., Liaaen-Jensen, S., Pfander, H. (Eds.). **Carotenoids: Biosynthesis and metabolism**. Birkhäuser, Basel, v. 3, p.139-147, 1998.

- BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S.; SILVA, A. M. O e; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Propriedades antioxidantes em subproduto do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.): efeito sobre a lipoperoxidação e o perfil de ácidos graxos poliinsaturados em ratos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n. 4, p. 28-34, Out./Dez., 2008.
- BUENO, J. M.; SAEZ-PLAZA, P.; RAMOS-ESCUADERO, F.; JIMENEZ, A. M.; FETT, R.; ASUERO, A. G. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 42, p. 126–151, 2012.
- BUENO, R. O. G. **Características de qualidade de biscoitos e barras de cereais ricos em fibra alimentar a partir de farinha de semente e polpa de nêspera**. 2005. 87f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.
- BURRI, B. J. Lycopene and human health. In: MESKIN, W. R.; BIDLACK, M. S.; DAVIES, A. J.; OMAE, S. T. **Phytonutrients in health and disease**. CRC Press; Boca Raton, Capter 11, p. 157-172, 2002.
- BUTTERFIELD, D. A.; CASTEGNA, A.; POCERNICH, C. B.; DRAKE, J.; SCAPAGNINIB, G.; CALABRESEC, V. Nutricional approaches to combat oxidative stress in Alzheimer's disease. **Journal of the Nutrition and Biochemistry**, v. 13, p. 444-461, 2002.
- CAETANO, A. C. da S.; MELO, E. A.; LIMA, V. L .G.; ARAÚJO, C. R. Extração de antioxidantes de resíduos agroindustriais de acerola. **Brasilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 155-160, 2009.
- CAETANO, A. C. da S. **Potencial antioxidante de extratos de resíduos de acerolas (*Malpighia emarginata* D. C.) em diferentes sistemas modelos e na estabilidade oxidativa de óleo de soja**. 2009. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. de T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196- 1205, nov, 2010.
- CARIOCA, J. O. B.; ARORA, H. L. **Recycling process for human food and feet from residues and resources**. Fortaleza: UFC/ Banco do Nordeste, 428p, 2000.
- CARRER, H.; BARBOSA, A. L.; RAMIRO, D. A. Biotecnologia na agricultura. **Estudos avançados**. v. 24, n. 70, p. 149-163, 2010.
- CARVALHO, P. G. B. de.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. de N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.
- CARVALHO, R. B. F. de; ALMEIDA, A. A. C. de A.; FREITAS, R. M. de.; LIMA, L. S.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M.; FEITOSA, C. M. Composição química e atividade

anticolinesterásica de uma fração ativa do extrato de folhas de *citrus limon* (L.) Burm. **Química Nova**, v. XY, p. 1-5, 2013.

CAO, G.; PRIOR, R. L. Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. **Clinical Chemistry**, v. 44, n. 6, p. 1309-1315, 1998.

CAVALCANTE, M. F.; OLIVEIRA, M. C. C.; VELANDIA, J. R.; ECHEVARRIA, A. Síntese de 1, 3, 5-Triazinas substituídas e avaliação da toxicidade frente a *Artemia salina*. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, p. 20-22, 2000.

CAVALCANTI, M. L. F. Fibras alimentares. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 88-97, 1989.

CEAGESP, Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. **A goiaba em números**. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/produtor/estudos/anexos/goiaba.pdf>>. Acesso em: 01 de março de 2012.

CELESTINO, S.M.C. **Princípios de secagem de alimentos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Cerrados: Planaltina, DF, 2010. 51p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 276).

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Revista Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

CERQUEIRA, P. M. **Avaliação da farinha de semente de abóbora (Cucurbita máxima, L.) no trato intestinal e no metabolismo glicídico e lipídico em ratos**. 2006. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2006.

CERUTTI, P. A. Oxy-radicals and cancer. **Lancet**, v. 344, n. 8926, p. 862-863, 1994.

CEVALLOS-CASALS, B. A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. **Food Chemistry**, v. 119, p. 1485-1490, 2010.

CHANG, C. H.; LIN, H. Y.; CHANG, C. Y.; LIU, Y. C. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 77, p. 478-485, 2006.

CHAMPE, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica Ilustrada**. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2008, 533p.

CHAVAN, U.D.; SHAHIDI, F.; NACZK, M. Extraction of condensed tannins from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.) as affected by different solvents. **Food Chemistry**, n. 75, p. 509-512, 2001.

CHINCHOLE, R.; HATRE, P. M.; DESAI, U.; CHAVAN, R. Recent applications of hyphenated liquid chromatography techniques in forensic toxicology: a review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, Bangalore, v. 14, n. 1, 2012.

- CHIDAMBARA-MURTHY, K. N.; JAYAPRAKASHA, G. K.; SINGH, R. P. Studies on antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract using in vivo models. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 17, p. 4791-4795, 2002.
- CHIOU, A.; PANAGOPOULOU, E. A.; GATZALI, F.; MARCHI, S. de.; KARATHANOS, V. T. Anthocyanins content and antioxidant capacity of *Corinthiancurrants* (*Vitis vinifera* L., var. *Apyrena*). **Food Chemistry**. v. 146, p. 157-165, 2014.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2ª Ed., 2005, 785p.
- CHOE, E.; MIN, D. B. Chemistry and reactions of reactive oxygen species in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, p. 1-22, 2006.
- CHOUCHOULI, V.; KALOGEROPOULOS, N.; KONTELES, S. J.; KARVELA, E.; MAKRIS, D. P.; Karathanos, V. T. Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. **Food Science and Technology**, v. 53, p. 522-529, 2013.
- CHOUDHRY, M. M.; COSTA, T. S. da.; ARAÚJO, J. L. P. Goiaba: Pós-colheita. In: **Agronegócio da Goiaba**. EMBRAPA Informação Tecnológica. il.; (Frutas do Brasil, 19). 2001, 45p.
- CHU, Y.; WISE, M. L.; GULVADY, A. A.; CHANG, T.; KENDRA, D. F.; KLINKEN, B. J.; SHI, Y.; O'SHEA, M. In vitro antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of seven common oats. **Food Chemistry**, v.139, p. 426-431, 2013.
- CID, C.; ASTICISARARAN, I.; YBELLU, J. Modificaciones en el contenido de vitamina C em zumos naturales desde su elaboración hasta su posible consumo. **Alimentaria**. v. 28, p. 41-43, 1991.
- CLYDESDALE, F. M. Color as a factor in food choice. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 33, p. 83-101, 1993.
- COLEGATE, S. M.; MOLYNEUX, R. J. **Bioactive natural products: detection, isolation and structural determination**. CRC Press, London, p. 441, 1993.
- COLPO, A. Z. C. **Perfil fitoquímico e capacidade antioxidante de extratos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A.St. Hill.)**. 2012. 97f. Dissertação (Mestrato em Bioquímica) - Universidade Federal do Pampa, Uruguaiiana, 2012.
- CONTRERAS-CALDERÓN, J.; CALDERÓN-JAIMES, L.; GUERRA-HERNANDEZ, E.; GARCIA-VILLANOVA, B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruit from Colombia. **Food Reseach International.**, v. 44, p. 2047-2053, 2011.
- CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2581-2586, 2002.
- CORREIA, R. T. P.; MCCUE, P.; MAGALHÃES, M. M. A.; MACÊDO, G. R.; SHETTY, K. Phenolic antioxidant enrichment of soy flour-supplemented guava waste by *Rhizopus*

oligosporus mediated solid-state bioprocessing. **Journal of Biochemistry**, Tokyo, v. 28, p. 404-418, 2004.

CORRÊA, M. C. de M.; PRADO, R. de M.; NATALE, W.; PEREIRA, L.; BARBOSA, J. C. Resposta de mudas de goiabeira a doses e modos de aplicação de fertilizante fosfatado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 164-169, 2003.

CÔRREA, M. C. M.; FERNANDES, G. C.; PRADO, R. M.; NATALE, W. Propriedades químicas do solo tratado com resíduo orgânico da indústria processadora da goiaba. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 241-243, 2005.

COSTA, A. C. S. **Qualidade e atividade antioxidante na porção comestível e resíduos do processamento de acerola produzida no submédio do Vale do São Francisco**, 2012. 116p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2012.

COSTA, G. F. da. **Efeito do extrato da casca de uva *Vitis Vinífera* (GSE) na pressão arterial, no perfil lipídico e glicídico e no estresse oxidativo em ratos espontaneamente hipertensos**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em em Fisiologia e Fisiopatologia Clínica e Experimental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 3 Ed. São Paulo: Manole, 2009. 120p.

CROFT, K. D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. **Annals of the New York Academy of Science**, v. 854, p. 435-442, 1998.

CRUZ, L. E. da. Biotecnologia: o Brasil e a importância em converter pesquisa em produtos comercialmente viáveis. **Parcerias Estratégicas**, v. 15, n. 31, p. 205-216, 2010.

CRUZ, W. F. da. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. 2013. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013.

CUPPARI, L. **Nutrição clínica do adulto: guias de medicina ambulatorial e hospitalar**. 2 Ed. São Paulo: Manole, p. 337-338, 2005.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4 Ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 1144 p.

DANI, C.; OLIBONI, L. S.; AGOSTINI, F.; FUNCHAL, C.; SERAFINI, L.; HENRIQUES, J. A.; SALVADOR, M. Phenolic content of grapevine leaves (*Vitis labrusca* var. Bordo) and its neuroprotective effect against peroxide damage. **Toxicology in Vitro**, v. 24, p. 148-153, 2010.

DANNER, M. A.; CITADIN, I.; FERNANDES JUNIOR, A. de.; ASSMANN, A. P.; MAZARO, S. M.; SASSO, S. A. Z. Formação de mudas de jaboticabeira (*Plinia* sp.) em diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n.1, p. 179-182, 2007.

DANTAS, A. L. **Qualidade, compostos bioativos, atividade antioxidante e enzimática de frutos de araçazeiros (*Psidium sp.*) do brejo paraibano**, 2011. 102p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

DANTAS, R. de L.; ROCHA, A. P. T.; ARAÚJO, A. dos S.; RODRIGUES, M. do S. A.; MARANHÃO, T. K. L. Perfil da qualidade de polpas de fruta comercializadas na cidade de campina grande/PB. **Revista verde**, v.5, n.5, p. 61-66, 2010.

DAWIDOWICZ, A. L.; WIANOWSKA, D.; OLSZOWY, M. On practical problems in estimation of antioxidant activity of compounds by DPPH method (problems in estimation of antioxidant activity). **Food Chemistry**, v.131, p. 1037-1043, 2012.

DAY, A. J. et al. Absorption of quercitina-3-glucoside and quercitina-4-glucoside in the rat small intestine: role of lactase phlorizin hydrolase and sodium-dependent glucose transporter. **Biochemical Pharmacology**, v. 65, p.1199-206, 2003.

DECKER, E. A.; WARNER, K.; RICHARDS, M. P.; SHAHIDI, F. Measuring antioxidant effectiveness in food. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 4303-4310, 2005.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 14, n. 2, p.389-399, 2012.

DEL VALLE, M.; CÁMARA, M.; TORIJA, M. E. Chemical characterization of tomato pomace. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 86, p. 1232-1236, may, 2006.

DEMAJORIVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 88-93, 1995.

DIAS, C.; ALVES, R. **Avaliação das características físico-químicas de pós alimentícios obtidos de resíduos de polpa de fruta**. Disponível em: <www.ifpi.edu.br/eventos/iienciopro/arquivos/ALIMENTOS/773a17eb669ac7b60d0608ce2103ccc5.pdf>. Acesso em: 10 nov 2010.

DICKO, M. H.; GRUPPEN, H.; TRAORÉ, A. S.; VORAGEN, A. G. J.; VANBERKEL, W. J. H. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. **Biotechnology and Molecular Biology Review**, v. 1, n. 1, p.21-38, 2006.

DIKEMAN, C. L.; FAHEY-JÚNIOR, G. G. Viscosity as related to dietary fiber: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 46, p. 649-663, 2006.

DI MAMBRO, V. M.; MARQUELE, F. D.; FONSECA, M. J. V. Avaliação *in vitro* da ação antioxidante em formulações antienvhecimento. **Cosmetics & Toiletries** (edição em português), v. 17, n. 4, p. 74-78, 2005.

DOUŠA, M.; GIBALA, P. Fast HPLC method using ion-pair and hydrophilic interaction liquid chromatography for determination of phenylephrine in pharmaceutical formulations. **Journal of AOAC International**, v. 93, n. 5, p. 1436-1442, 2010. DREHER, M. L. Food

industry perspective: funcional properties and food uses of dietary fiber. In: KRITCHEVSY, D., BONFIELD, C. (Ed). **Dietary fiber in health & disease**. Minnesota: Eagan Press, p. 467-74, 1995.

DREOSTI, I. C. Antioxidant Polyphenols in tea, cocoa and wine. **Nutrição**, v. 16, p. 692-694, 2000.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; DANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**. 2 ed: Sarvier, São Paulo, 2010. 156p.

ERLUND, I. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability and epidemiology. **Nutrition Research**, v. 24, n. 10, p. 851-874, 2004.

ESCOBAR, A. P.; SYLOS, C. M. **Efeito do processo de obtenção de polpa de goiaba e goiabada sobre os teores de licopeno e de beta-caroteno**. 2006. 78f. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2006.

ESPIN, J. C.; SOLER-RIVAS, C.; WICHERS, H. J.; GARCÍA-VIGUERA, C. Anthocyanin based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, p. 1588-1592, 2000.

ESPÍRITO SANTO, A. P. do.; CARTOLANO, N. S.; SILVA, T. F.; SOARES, F. A. S. M.; GIOIELLI, L. A.; PEREGO, P.; CONVERTI, A.; OLIVEIR, M. N. Fibers from fruit by products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLA content in yoghurts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 154, p. 135-144, 2012.

FAGUNDES, R. L. M.; COSTA, Y. R. Uso dos alimentos funcionais na alimentação. **Higiene Alimentar**, v. 17, n. 108, p. 42-48. 2003.

FAIRWEATHER-TAIT, S. J. Bioavailability of nutrients. In: MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLER, M. J. (Editores). **Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition**. London: Academic Press, p. 384-388, 1993.

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

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO Statistical Databases**, 2010. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>. Acesso em 12 jan. 2012.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO Statistical Databases**, 2012. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>. Acesso em 12 jan. 2012.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 23-36, 2006.

FARHOOSH, R. The effect of operational parameters of the Rancimat method on the determination of the oxidative stability measures shelf-life prediction of soybean oil. **Journal of American Oil Chemistry Society**, Champaign, v. 84, p. 205-209, 2007.

FARIA-MACHADO, A. F. de. **Identificação e determinação da atividade antioxidante de carotenóides e antocianinas de frutas**. 2009. 221f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FASOLA, T. R.; OLOYEDE, G. K.; APONJOLOSUN, B. S. Chemical composition, toxicity and antioxidant activities of essential oils of stem bark of nigerian species of guava (*Psidium guajava* Linn.). **EXCLI Journal**, v. 10, p. 34-43, 2011.

FAVILA, M. A. C. **Estudo químico e biológico de *Conyza bonariensis* (L.) Cronquist (ASTERACEAE)**. 2006. 106f. Dissertação (Mestrado em ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

FEITOSA, C. M. **Inibição da enzima acetilcolinesteráse utilizando plantas medicinais do Brasil**. 2005. 385f. Tese (Doutorado em Química Orgânica), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2ª Ed. Zaragoza: acribia, 1993.

FERNANDES, A. G.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M de.; COSTA, J. M.C. da.; FIGUEIREDO, R. W de.; PRADO, G. M de. Comparação em teores de vitamina C, carotenoides totais e fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência na armazenagem. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 18, n. 4, p.431-438, out-dez, 2007.

FERNANDES, E. de S. **Isolamento, caracterização e bioatividade de Compostos na raiz da *Jatropha ribifolia* (Pohl) Baill**. 2012. 87f. Dissertação (Mestrado Recursos Naturais) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2012.

FERNANDEZ-GARCIA, E.; CAVAJAL-LERIDA, I.; PEREZ-GALVEZ, A. *In vitro* bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. **Nutrition Research**. v. 29, p. 751-760, 2009.

FERNANDEZ, J.; REYES, R.; PONCE, H.; OROPEZA, M.; VAN CALSTEREN, M. R.; JANKOWSKI, C.; CAMPOS, M.G. Isoquercitrin from Argemone platyceras inhibits carbachol and leukotriene D4-induced contraction in guinea-pig airways. **European Journal of Pharmacology**, v. 522, p. 108-115, 2005.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S.; Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica do Brasil**, v. 43, n. 1, p. 61-68, 1997.

FERREIRA, L. F. D. **Obtenção e caracterização de farinha de bagaço de uva e sua utilização em cereais matinais expandidos**. 2010. 132f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.

FIETZ, V. R.; SALGADO, J. M. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 318-321, Set./Dez. 1999.

FINLEY, J. W.; KONG, A. N.; HINTZE, K. J.; JEFFERY, E. H.; JI, L. L.; LEI, X. G. Antioxidants in Foods: State of the Science Important to the Food Industry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 13, p.6837–6846, 2011.

FONTANA, J. D.; MENDES, S. V.; PERSIKE, D. S.; PERACETTA, L. F.; PASSOS, M. Carotenoides: Cores atraentes e ação biológica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 2, n. 13, p. 40-45, 2000.

FONTANNAZ, P.; KILINC, T.; HEUDI, O. HPLC-UV determination of total vitamin C in a wide range of fortified food products. **Food Chemistry**, v. 94, p. 626-631, 2005.

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

FOOD AND NUTRITION BOARD-FBN. **Dietary reference intakes: energy, carbohydrates, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids**. Washington, DC: National Academies Press, 2002.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 Ed. São Paulo: Atheneu, 2001, 307 p.

FRANK, J.; GEIL, J.V.; FREASO, R. Automatic determination of oxidation stability of oil and fatty products. **Food Technology**, v. 36, n. 6, p. 71-76, 1982.

FRANKE, A. A.; CUSTER, L. J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S. P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, p. 1-35, 2004.

FRANKEL, E. N.; MEYER, A. S. The problem of using one dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1925-1941, 2000.

FRANKEL, E. N. Recent advances in lipid oxidation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.54, p.495-511, 1991.

FRANZON, R. C.; CAMPOS, L. Z. de O.; PROENÇA, C. E. B.; SOUSA-SILVA, J. C. **Araçás do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrência, descrição e usos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, Documentos, 266, 2009. 48p.

FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**, v. 43, p. 228-265, 2004.

FREI, B. Reactive oxygen species and antioxidant vitamins: mechanisms of action. **The American Journal of Medicine**, v. 97, suplemento 3, p. 5S – 13S, 1994.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P. de.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.12, p.2291-2296, 2013.

FRIEDMAN, M. Overview of antibacterial, antitoxin, antiviral, and antifungal activities of tea flavonoids and teas. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 51, p. 116 – 134, 2007.

GALLICE, W. C. **Caracterização do potencial antioxidante de vinhos e quantificação de fenóis totais e trans-resveratrol utilizando técnicas cromatográficas e espectroscópicas multivariadas**. 2010. 84f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C.; MCPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolic to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, v. 68, p. 471-474, 2000.

GILBERT-LÓPEZ, B.; GARCIA-REYES, J. F.; MOLINA-DIAZ, A. Determination of fungicide residues in baby food by liquid chromatography-ion trap tandem mass spectrometry. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, p. 780-786, 2012.

GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. de. Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 53, n. 1, p. 1-7, 2003.

GOMES, F. da S. Carotenóides: uma possível prevenção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 5, p. 537-548, 2007.

GOMES, S. M. da C. **Determinação de antioxidantes por cromatografia líquida de alta pressão com detecção electroquímica**. 2010. 59f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2010.

GONÇALVES, A. E. de S. S. **Compostos bioativos do camu-camu (*Myrciaria dúbia* MC Vaugh): caracterização e atividade biológica**. 2012. 109f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, Faculdade de ciências farmacêuticas. São Paulo, 2012.

GONGATTI NETTO, A.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G. **Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**, Brasília: EMBRAPA — SPI, 1996. 35p.

GONZAGA NETO, L. G.; SOARES, J. M. **Goiaba para exportação: aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1994. 49p.

GONZÁLEZ, G. L. L. **Development of new electroanalytical methods for the determination of hydrogen peroxide and oxygen radicals**. 2008. 107f. Tese (Ernst-Moritz-Arndt) - Universität Greifswald, Greifswald, Alemanha, 2008.

GORDON, M. H. **Antioxidants in foods**. England: Woodhead publishing, 2001.

GORDON, M. H. The mechanism of antioxidant action in vitro. In: HUDSON, B. J. F. **Food antioxidants**. London: Elsevier Applied Science, v. 316, p.1-18, 1990.

GORINSTEIN, S.; ZEMSER, M.; HARUENKIT, R.; CHUTHAKORN, R.; GRAUER, F.; MARTIN-BELLOSO, O.; TRAKHTENBERG, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **The Journal of Nutritional Biochemistry**. New York, v. 10, p. 367-371, 1999.

GORINSTEIN, S.; KULASEK, G. W.; BARTNIKOWSKA, E.; LEONTOWICZ, M.; ZEMSER, M.; MORAWIEC, M.; TRAKHTENBERG, S. The effects of diets, supplemented with either whole persimmon or phenol-free persimmon, on rats fed cholesterol. **Food Chemistry**, Barking, v. 70, p. 303-308, 2000.

GOULART, D. S. **Aplicações das técnicas de cromatografia no diagnóstico toxicológico**. 2012. 112f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

GRANDIS, A.; CONDIEV, S.; NEPOMUCENO, M. F. D.; ALEIXO, A. M.; RUGGIERO, A. C. Estudo da capacidade antioxidante do extrato hidroalcoólico de oliva contra a peroxidação lipídica. In: 6º SLACA - SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS, 2005, Campinas. **Anais...** Campinas, 2005. CD-ROM.

GRIS, E.F. **Perfil fenólico e atividade antioxidante e hipolipemiante de vinhos de variedades *Vitis vinifera* cultivadas em São Joaquim – SC- Brasil**. 2010. 179p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

GULL, J.; SULTANA, B.; ANWAR, F.; NASEER, R.; ASHRAF, M.; ASHRAFUZZAMAN, M. Variation in Antioxidant Attributes at Three Ripening Stages of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit from Different Geographical Regions of Pakistan. **Molecules**, v.17, p. 3165-3180, 2012.

GUNSTONE, F. **The Chemistry of Oils and Fats: Sources, Composition, Properties and Uses**. Wiley-Blackwell, 2009.

GUNSTONE, F. D.; HARWOOD, J. L.; DIJKSTRA, A. J. **The Lipid Handbook**. 3ed. CRC Press, 2007.

GUNSTONE, F. D. **Oils and Fats in Food Industry: food industry briefing series**. Wiley-Blackwell, 2008.

GUO, C.; YANG, J.; WEI, J.; LI, Y.; XU, J.; JIANG, Y. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. **Nutrition Research**, v. 23, p. 1719-1726, 2003.

GUTIÉRREZ, R. M. P.; MITCHELL, S.; SOLIS, R. V. *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 117, p. 1-27, 2008.

HALLIWELL, B. Antioxidants and human disease: a general introduction. **Nutrition Reviews**, New York, n. 55, p. 44-52, 1997.

HALLIWELL, B. Are polyphenols antioxidants or pro-oxidants? What do we learn from cell culture and *in vivo* studies? **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 476, p. 107-112, 2008.

- HALLIWELL, B. Free radicals and antioxidants: a personal view. **Nutrition Reviews**, New York, v. 52, n. 8, p. 253-265, 1994.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free Radical in Biology and Medicine**. 4 ed. Oxford: Oxford University Press., 1989. 543p.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free Radical in Biology and Medicine**. 4 ed. Oxford: Oxford University Press., 2007. 851p.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Free radicals and antioxidants in the year 2000. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 899, p. 136-147, 2000.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. The chemistry of free radicals and, related 'reactive species'. In: **Free radicals in biology and medicine**. 3 ed. Oxford: Clarenton Press; p.36-104,1999.
- HALLIWELL, B. Oxidative stress, nutrition and health. Experimental strategies for optimization of nutritional antioxidant intake in humans. **Free Radical Research**, v. 25, n. 1, p. 57-74, 1996.
- HALLIWELL, B. The wanderings of a free radical. **Free Radical Biology Medicinal**. v. 46, p. 531-542, 2009.
- HAMID, A. A.; SHAH, Z. M.; MUSE, R.; MOHAMED, S. Characterisation of antioxidative activities of various extracts of *Centella asiatica* (L) Urban. **Food Chemistry**, v. 77, n. 4, p. 465-469, 2002.
- HAMRE, K.; WAAGBO, R.; BERGER, R.; LIE, O. Vitamins C and E interact in juvenile Atlantic salmon. **Free Radical in Biology and Medicine**, v. 22, n. 1, p. 137-149, 1997.
- HARBONE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoids researches since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, p. 481-504, 2000.
- HASENHUETTI, G. L.; WAN, P. J. Temperature effects on the determination of oxidative stability with the Metrohm Rancimat. **Journal of the American Oil Chemistry Society**, v. 69, n.6, p. 525-527, 1992.
- HASSING, A.; LIANG, W. X.; SCHWABL, H.; STAMPFLI, K. Flavonoids and tannins: plant based antioxidants with vitamin character. **Medical Hypotheses**, v.52, p. 479-481, 1999.
- HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, v. 53, p. 2928-2935, 2005.
- HASLAM, E. Vegetable tannins-lessons of a phytochemical lifetime. **Phytochemistry**, v. 68, n. 22-24, p. 2173-2721, 2007.
- HASLAM, E. Oligomeric procyanidins and the ageing of red wines. **Phytochemistry**, Oxford, v. 19, p. 2577-2592, 1980.

HECK, C.I.; MEJIA, E.G. Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*): A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. **Journal of Food Science**, v. 72, p. 138-151, 2007.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutrition and Biochemistry**, v.13, p.572-584, 2002.

HERMES-LIMA, M. Oxidative stress and medical sciences. In: Storey, K. B. **Functional Metabolism. Regulation and adaptation**. Hoboken, New Jersey, p. 370-382, 2004.

HERNANDEZ, T.; HERNANDEZ, A.; MARTINEZ, C. Concepto, propiedades y metodos de analisis. **Revista Alimentaria**, v. 4, p. 19-30, 1995.

HILGEMANN, M. **Avaliação da capacidade antioxidante *in vitro* e *in vivo* contra radicais peroxila e hidroxila em amostras de plantas medicinais**. 2010. 144f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010.

HORST, M. A.; LAJOLO, F. M. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: Cozzolino, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2009.

HORST, M. A.; LAJOLO, F. M. Biodisponibilidade de compostos bioativos de alimentos. In: Silvia Maria Franciscato Cozzolino. (Org.). **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 2 ed. São Paulo: Manole, v.1, p.697-731, 2007.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

HUANG, H. C.; JOSHIPURA, K. L.; JIANG, R.; HU, F. D.; HUNTER, D.; SMITH-WARNER, S. A.; COLDITZ, G. A.; ROSNER, B.; SPIEGELMAN, D.; Willett, W. C. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. **Journal of the National Cancer Institute**. v. 96, n. 21, p. 1577-1584, 2004.

HUANG, H. C.; LEE, C. R.; WENG, Y. I.; LEE, M.; LEE, Y. T. Vasodilator effect of Scoparone (6,7-dimethoxycoumarin) from a Chinese herb. **European Journal of Pharmacology**, Amsterdam v.218, 123-128.1992.

HUANG, Z.; WANG, B.; WILLIAMS, P.; PACE, R. D. Identification of anthocyanins in muscadine grapes with HPLC- ESI- MS. **Lebensmittel Wissenschaften and Technologic**, London, v. 42, p. 819-824, 2009.

HUI-YIN, C.; GOW-CHIN, Y. Antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of extracts from guava (*Psidium guajava* L.) leaves. **Food Chemistry**, v.101, p. 686-694, 2007.

IBRAF, 2012. INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Frutas brasileiras em ascensão**. Disponível em: http://www.ibraf.org.br/imprensa/0901_frutasbrasileirasascensao.asp. Acesso em: 15 ago 2009.

IBRAF, 2013. INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS –**Frutas brasileiras em ascensão**. Disponível em: http://www.ibraf.org.br/imprensa/0901_frutasbrasileirasascensao.asp. Acesso em: 05 abril 2013.

IBGE, 2011. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, v.26 n.2 p.1-84 fev.2013.

IBGE, 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, v.26 n.2 p.1-84 fev.2013.

IEA – SP. Instituto de Economia Agrícola de São paulo. **Goiaba em número**. Disponível em <www.iea.sp.gov.br> Acesso em 11/04/2010.

ISHIMOTO, E. Y. **Efeito hipolipemiante e antioxidante de subprodutos da uva em hamsters**. 2008. 193f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

IQBAL, K.; KHAN, A.; KHATTAK, M. A. K. Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health – a review. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 3, p. 5-13, 2004.

JACOMINO, A. P. **A cultura da goiabeira**. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/A%20CULTURA%20DA%20GOIABEIRA.pdf>>. Acesso em: 06 de março de 2012.

JANIQUES, A. G. P. R.; LEAL, V. O.; MOREIRA, N. X.; SILVA, A. A. M.; MAFRA, D. Phenolic compounds: possible applicability in chronic kidney disease. **Revista da Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 322-337, dez. 2013.

JARDIM, I. C. L. F.; COLLINS, C. H.; GUIMARÃES, L. F. L. Cromatografia Líquida de Alata Eficiência. In: COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos da cromatografia**. Campinas, São Paulo: Unicamp, p. 273-397, 2006.

JARDINI, F. A. **Avaliação da atividade antioxidante de romã (*Púnica granatum*, L.): efeitos da ação sobre sistemas *in vivo* e em culturas de células**. 2010. 112f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas. São Paulo, 2010.

JERACI, J. L.; VAN SOEST, P. J. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v. 270, p. 245-263, 1990.

JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; RINCÓN, M.; PULIDO, R.; SAURA-CALIXTO, F. Guava fruits (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 5489-5493, sept, 2001.

JONES, D. P. Redefining oxidantive stress. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 8, n. 9, p. 1865–1879, 2006.

JORDÃO Jr, A. A.; CHIARELLO, P. G.; BERNARDES, M. S. M.; VANUCCHI, H. Peroxidação lipídica e etanol: papel da glutathiona reduzida e da vitamina E. **Revista de Medicina de Ribeirão Preto**, v. 31, p. 434-449, 1998.

JORGE, N.; MALACRIDA, C. R.; ANGELO, P. M.; ANDREO, D. Composição centesimal e atividade antioxidante do extrato de sementes de maracujá (*Passiflora edulis*) em óleo de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 380- 385, out/dez, 2009.

JUNTACHOTE, T.; BERGHOFER, E. Antioxidant proprieties and stability of ethanolic extracts of holy basil and galangal. **Food Chemistry**, Barking, v. 92, n. 2, p. 193-2002, 2005.

KAC, G.; VELASQUEZ-MELÉNDEZ, G. A Transição Nutricional e a epidemiologia da Obesidade na América Latina. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.19 (Sup 1), p. s4-s5, 2003.

KADAM, D. M.; KAUSHIK, P.; KUMAR, R. Evaluation of guava products quality. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, v. 2, n. 1, p. 7-11, 2012.

KATALINIC, V.; MOZINA, S. S.; SKROZA, D.; GENERALIC, I.; ABRAMOVIC, H.; MILOS, M.; LJUBENKOV, I.; PISKERNIK, S.; PEZO, I.; TERPINC, P.; BOBAN, M. Polyphenolic profile, antioxidant properties and antimicrobial activity of grape skin extracts of 14 *Vitis vinifera* varieties grown in Dalmatia (Croatia). **Food Chemistry**, v. 119, p. 715-723, 2010.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium’s health. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, p. 703-725, 2001.

KIM, D. O.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, p. 231-326, 2003.

KIM, G. N.; KWON, Y. I.; JANG, H. D. Protective mechanism of quercetin and rutin on 2,2'-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride or Cu²⁺- induced oxidative stress in HepG2 cells. **Toxicology in Vitro**, v. 25, n. 1, p. 138-144, 2011.

KIOKIAS, S.; VARZAKAS, T.; OREOPOULOU, V. *In vitro* activity of vitamins, flavonoids, and natural phenolic antioxidants against the oxidative deterioration of oil-based systems. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 48, n. 1, p. 78-93, jan, 2008.

KIRK, R. E.; OTHMER, D. F. **Othmer encyclopedia of chemical technology**. 3 ed. New York, NY: Wiley- Interscience, v. 24, 1978-1984.

KLAJN, V. M.; GUTKOSKI, L. C.; FIORENTINI, A. M.; ELIAS, M. C. Compostos antioxidantes em aveia. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.18, n.4, p.292-303, 2012.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, 2005.

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

- KOO, M.; MOHAMED, S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin and apigenin) content of edible tropical plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 3106–3112, 2001.
- KOVACIK, J.; REPCAK, M. Accumulation of coumarin-related compounds in leaves of *Matricaria chamomilla* related to sample processing. **Food Chemistry**, v.111, p. 755–757, 2008.
- KOWALSKI, K. B.; RATUSZ, K.; KOWALASKA, D.; BEKAS, W. Determination of the oxidative stability of vegetable oils by differential scanning calorimetry and Rancimat measurements. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 106, n. 3, p. 165-169, 2004.
- KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E.; HILPERT, K. F.; GRIEL, A. E.; ETHERTON, T. D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal of Medicine**, v.113, p.71-88, 2002.
- KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v. 66, p. 1003-1010, 1994.
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, p.726-732, 2005.
- KUNZ, V. T. ***Glechon spathulata* Benth: estudo químico e biológico**. 2007. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007.
- KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. HPLC-DAD-MSn characterization of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Food Chemistry**, v. 110, p. 522–530, 2008.
- LA CASA, C.; VILLEGAS, I.; ALARCÓN DE LA LASTRA, C.; MOTILVA, V.; MARTÍN CALERO, M. J. Evidence for protective and antioxidant properties of rutin, a natural flavone, against ethanol induced gastric lesions. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 71, p. 45–53, 2000.
- LAGO-VANZELA, E. S.; NASCIMENTO, P.; FONTES, E. A. F.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Edible coating from native and modified starches retain carotenoids in pumpkin during drying. **LWT- Food Science and Technology**, v. 50, p. 420-425, 2013.
- LAGUERRE, M.; LECOMTE, J.; VILLENEUVE, P. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. **Review. Progress in Lipid Research**, v. 46, p. 244-282, 2007.
- LAJOLO, F. M. Alimentos funcionais: uma revisão geral. In: DE ANGELIS, R. C. **A Importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas**. São Paulo: Atheneu, 2005, p. 175-181.

- LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F. **Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación em alimentos.** Fibra Dietética em Iberoamérica: Tecnología e Salud. Varela Editora e Livraria Ltda, São Paulo, 2001, 469p.
- LAI, L. S.; CHOU, T.; CHAO, W. W. Studies on the antioxidative activities of Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl) leaf gum. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 963–968, 2001.
- LAMPE, J. W. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 70, p. 475-490, 1999.
- LARSON, R. A. Autooxidation mechanisms. In: **Naturally Occurring Antioxidants**. New York: Lewis Publishers, p. 25-49, 1997.
- LAZARUS, S.; CATIGNANI, G. L.; WILLCOX, J. K. Tomatoes and cardiovascular health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 43, p. 1-18, 2003.
- LEAL, P. F.; BRAGA, M. E. M.; SATO, D. N.; CARVALHO, J. E.; MARQUES, M. O. M.; MEIRELES, M. A. M. Functional properties of spices extracts obtained via supercritical fluid extraction. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 9, p. 2520-2525, 2003.
- LEE, M. T.; CHEN, B. H. Separation of lycopene and its cis isomers by liquid chromatography. **Chromatography A**, v.54, p.613-617, 2001.
- LEITE, J. P. V. **Fitoterapia: bases científicas e tecnológicas**. 1 Ed. São Paulo: Atheneu. 2008, 344p.
- LEOPOLDINI, M.; RUSSO, N.; TOSCANO, M. The molecular basis of natural polyphenolic antioxidants. **Food Chemistry**, v. 125, p. 288- 306, 2011.
- LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant proprieties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, p. 1003-1008, 2007.
- LIMA, A. J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS-BARROS, A. M. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.
- LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G.; ANDRADE, M. A.; GUIMARAES, P. L.; BATISTA, L. R.; NELSON, D. L. Bactericidal and antioxidant activity of essential oils from *Myristica fragrans* Houtt and *Salvia microphylla* H.B.K. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 89, p. 523-528, 2012.
- LIMA, R. K.; CARDOSO, M. das G.; ANDRADE, M. A.; NASCIMENTO, E. A.; MORAIS, S. A. L. de.; NELSON, D. L. Composition of the essential oil from the leaves of tree domestic varieties and one wild variety of the guava plant (*Psidium guajava* L., Myrtaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 41-44, Jan./Mar. 2010.

- LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; SILVA, G. S. B.; LIMA, D. E. S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.
- LIMA, V. L. A. G.; PINHEIRO, I. O.; NASCIMENTO, M. S.; GOMES, P. B.; GUERRA, N. B. Identificação de antocianidinas em acerolas do banco ativo de germoplasma da Universidade Federal Rural de Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 927-935, 2006.
- LIRA, R. C. **Valor nutricional e utilização do resíduo de goiaba (*Psidium guajava* L.) e do tomate (*Lycopersicon esculentum* Milles.) na alimentação de frango de corte.** 2008. 92f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2008.
- LIU, R. H. Health benefits of fruits: implications for disease prevention and health promotion. fruits. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 19, 2006, Cabo Frio. Palestras e resumos... Cabo frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ. p. 36-44. 2006.
- LONN, E.; BOSCH, J.; YUSUF, S.; SHERIDAN, P.; POGUE, J.; ARNOLD, J. M.; ROSS, C.; ARNOLD, A.; SLEIGHT, P.; PROBSTELD, J.; DAGENAIS, G. R. Effects of long-term vitamin E supplementation on cardiovascular events and câncer: a randomized controlled Trial. **JAMA**, v. 293, n. 11, p. 1338–1347, 2005.
- LÓPEZ-ALARCÓN, C.; DENICOLA, A. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. **Analytica Chimica Acta**, v. 763, p. 1-10, 2013.
- LUNA, J. S.; SANTOS, A. F.; LIMA, M. R. F.; OMENA, M. C.; MENDONÇA, F. A. C.; BIEBER, L. W.; SANT'ANA, A. E. G. A. Study of the larvicidal and molluscicidal activities of some medicinal plants from northeast Brazil. **Journal Ethnopharmacology**, v. 97, n. 2, p. 199-206, 2005.
- LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Atividade antioxidante do extrato de sementes de limão (*Citrus limon*) adicionado ao óleo de soja em teste de estocagem acelerada. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 946-949, 2009.
- MACHADO, H.; NAGEM, T. J.; PETERS, V. M. FONSECA, C. S.; OLIVEIRA, T. T. Flavonoids and potential therapeutic. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, v. 27, n. 1, p. 33-39, 2008.
- MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; MARTINS, C. B. Características físicas e químicas do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciências Agronomicas**, v. 1, n. 2, p. 115-120, 1998.
- MAISUTHISAKUL, P.; SUTTAJIT, M.; PONGSAWATMANIT, R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. **Food Chemistry**, London, v. 100, p. 1409-1418, 2007.
- MAKRIS, D.P.; BOSKOU, G.; ANDRIKOPOULOS, N. K. Polyphenolic content and *in vitro* antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.20, p.125-132, 2007.

MALDANER, L.; JARDIM, I. C. S. F.; O estado da arte da cromatografia líquida de ultra eficiência. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 214-222, 2009.

MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p.727-47, 2004.

MANACH, C.; WILLIAMSON, G.; MORAND, C.; SCALBERT, A.; REMESY, C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, n. 1, p. 2305-2425, 2005.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Goiaba: Fruticultura Tropical**. 6ª ed. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora. 2000. 105p.

MANNISTO, S.; SMITH-WARNER, S. A.; SPIEGELMAN, D.; ALBANES, D.; ANDERSON, K.; VAN DEN BRANDT, P. A.; CERHAN, J. R.; COLDITZ, G.; FESKANICH, D.; FREUDENHEIM, J. L.; GIOVANNUCCI, E.; GOLDBOHM, R. A.; GRAHAM, S.; MILLER, A. B.; ROHAN, T. E.; VIRTAMO, J.; WILLETT, W. C.; HUNTER, D. J. Dietary carotenoids and risk of lung cancer in a pooled analysis of seven cohort studies. **Cancer Epidemiology Biomarkers Prevent**, v. 13, p. 40-48, 2004.

MANOSROI, J.; DHUMTANOM, P.; MANOSROI, A. Anti-proliferative activity of essential oil extracted from Thai medicinal plants on KB and P388 cell lines. **Cancer Letters** v. 235, p. 114–120, 2006.

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, v. 45, n. 9, p. 594-597, 1968.

MARRIOTT, P. J.; HAGLUND, P.; ONG, R. C. Y. A review of environmental toxicant analysis by using multidimensional gas chromatography and comprehensive GC. **Clinica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 328, p. 1-19, 2003.

MARQUEZ, L. R. **A Fibra Terapêutica**, 2º ed Departamento Médico do Laboratório. Mandaus, p. 55-61, 2001.

MARTÍN BUENO, J.; SÁEZ-PLAZA, P.; RAMOS-ESCUADERO, F.; JIMÉNEZ, A. M.; FETT, R.; ASUERO, A. G. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v. 42, p. 126–151, 2012.

MARTINS, C. A. **Avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo* do guaraná (*Paullinia cupana*)**. 2010. 127f. Dissertação (Mestrado em Nutrição em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MARTINS, P. E. S.; PUPO, M. M. de S.; SANTOS, E. de J.; SANTOS, N. L.; SILVA, E. R. Projeto de viabilidade para implantação de agroindústria de beneficiamento de mandioca para produção de farinha enriquecida com resíduo de polpa de fruta. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-19. 2010.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica Básica**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007, 736p.

MATITIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Processamento mínimo em goiabas ‘paluma’ e ‘pedro sato’. 2-Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 23, p. 409-413, 2003.

MATITIUZ, B. H. Processamento mínimo de frutas tropicais: goiaba. In: **Encontro nacional sobre processamento mínimo de frutas e hortaliças**, Viçosa – MG. Palestras, resumos e oficinas, p. 96-99, 2004.

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.

MATUSHESKI, N. V.; JEFFERY, E. H. Comparison of the bioactivity of two glucoraphanin hydrolysis product found in broccoli, sulforaphane and sulforaphane nitrile. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 12, p. 5743-9, 2001.

MAYER, E. T. **Caracterização bromatológica de grãos de cevada e efeito da fibra na resposta biológica de ratos**. 2007. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MAZZA, G. Bioactivity, absorption and metabolism of anthocyanins. **Anais do Proc. 1st IS on Human Health Effects of F & V**. Ed.: Y. Desjardins, Acta Horticultural, 2007, 744p.

McLEAN, J. A.; KARADAS, F.; SURAI, P.; McDEVITTI, R.; SPEAKE, B. Lipid soluble and water-soluble antioxidant activities of the avian intestinal mucosa at different sites along the intestinal tract. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 141, n. B, p. 366- 372, 2005.

McLAUGHLIN, J. L.; CHANG, C. J.; SMITH, D. L. **Studies in natural products chemistry**, Ed. Atta-ur-Rahman, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, v. 9, p. 383-409, 1991.

McLAUGHLIN, J. L. The use of biological assays to evaluate botanicals. **Drug Information Journal**, v. 32, p. 513-524, 1998.

McNULTY, H. P.; BYUN, J.; LOCKWOOD, S. F.; JACOB, R. F.; MASON, P. Differential effects of carotenoids on lipid peroxidation due to membrane interactions: X-ray diffraction analysis. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1768, n. 1, p. 167-174, 2007.

MEDEIROS, E. Licopeno, luteína e zeaxantina: mais do que potentes antioxidantes. **Aditivos e Ingredientes**. v. 24, p. 49-54, 2003.

MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L. M.; LARA, J. C.; TOCCHINI, R. P.; HASHIZUME, T.; MORETTI, V. A.; CANTO, W. L. do. **Maracujá - da cultura ao processamento e comercialização**. (Série Frutas Tropicais, 9). Campinas: Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. ITAL, 1980. 207p.

MENDÉZ, C. M. V.; FORSTER, M. P.; RODRIGUÉZ-DELGADO, M. A.; RODRIGUÉZ-RODRIGUÉZ, E. M.; ROMERO, C. D. Contento of the phenolic compounds in bananas from terenife (Canary islands) and equador. **European Food Research and Technology**, Heidelberg, v. 271, p. 287-290, 2003.

MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, M. J. Cromatografia com fase gasosa. In: MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, M. J. **Análise química quantitativa**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 160-173, 2002.

MEHTA, M.; SATIJA, S.; KALSI, V. *In vitro* Antioxidant evaluation of *Psidium guajava* stem extracts. **International Journal of Drug Development & Research**, v. 3 n. 3 p. 213-216, Jul/Sept, 2011.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; HEREDIA, F. J. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 57, n. 2, p. 78-91, 2007.

MÉLO, D. L. F. M. de. **Potencial biotecnológico do umbu: perspectivas para o semi-árido**. 2005. 82f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade federal de Sergipe, São Cristóvão, 2005.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Capacidade antioxidante de hortaliças submetidas a tratamento térmico. **Revista da Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 85-95, 2009.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. de.; ARAÚJO, C. R. de. Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 67-72, 2008.

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

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MELLO, M. C. **Flores e microalgas como fontes alternativas de carotenoides**. 2002. 113f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MELO, P. S. **Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais**. 2010. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A.P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M de. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 1088-1093, jun, 2011.

MERCADANTE, A. Z.; STECK, A.; PFANDER, H. Carotenoids from guava (*Psidium guajava* L.): isolation and structure elucidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p.145-151, 1999.

MEYER, B. N. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta Medica Mournal**, v. 45, p. 31-4, 1982.

- MILANI, L. I. G.; TERRA, N. N.; FRIES, L. L. M.; CICHOSKI, A. J.; REZER, A. P. de S.; BACKES, A. M.; PARODIA, C. G. Atividade antioxidante e antimicrobiana *in vitro* de extratos de caqui (*Diospyros kaki* L.) cv. Rama Forte. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 118-124, Abr./Jun. 2012.
- MILDNER-SZKUDLARZ, S.; BAJERSKA, J.; ZAWIRSKA-WOJTASIKA, R.; GÓRECKA, D. White grape pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits. **Journal Science Food Agricultural**, v. 93, p. 389–39, 2013.
- MILLER, H. E. A simplified method for the evaluation of antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 48, p. 91, 1971.
- MILLER, N. J.; SAMPSON, J.; CANDEIAS, L. P.; BRAMLEY, P. M.; RICE-EVANS, C. A. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. **FEBS Letters**, v. 384, p. 240-242, 1996.
- MINGUÉZ-MOSQUERA, M. I.; HONERO, D. Analysing changes in fruit pigments. In : MAC DOUGALL, D. (Ed.), ed. Woodhead Publishing. **Colour in food: improving quality**, 2002. 378p.
- MOLYNEUX, P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarinn Journal of Food Science and Technology**, Wietshire, v. 26, n. 2, p. 211-219, 2004.
- MONTAN, M. As fibras invisíveis. **Brasil alimentos**. São Paulo, n. 19, p. 28-29, 2003.
- MONTEIRO, F. **Diferentes proporções de fibra insolúvel e solúvel de grãos de aveia sobre a resposta biológica de ratos**. 2005. 42f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- MONTEIRO, M. P. **Bebida à base de subproduto de uva: efeitos sobre o estresse oxidativo e marcadores de risco de doenças cardiovasculares em mulheres saudáveis**. 2011. 142f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Saúde Pública da USP. São Paulo, 2011.
- MONTILLA, P.; BARCOS, M.; MUNOZ, M. C.; MUNOZ-CASTANEDA, J. R.; BUJALANCE, I.; TUNEZ, I. Protective effect of Montilla-Moriles appellation red wine on oxidative stress induced by streptozotocin in the rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, n. 15, p. 688-93, 2004.
- MORAES, I. V. M. Produção de polpa de fruta congelada e suco de fruta. **Redetec**. Out, 2006.
- MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.
- MOTOYAMA, K.; KOYAMA, H.; MORIWAKI, M.; EMURA, K.; OKUYAMA, S.; SATO, E.; INOUE, M.; SHIOI, A.; NISHIZAWA, Y. Atheroprotective and plaque-stabilizing effects of enzymatically modified isoquercitrin in atherogenic apoE-deficient mice. **Nutrition**, v. 25, n. 4, p. 421-427, 2009.

MOURE, A.; CRUZ, J. M.; FRANCO, D.; DOMINGUEZ, J. M.; SINEIRO, J.; DOMINGUEZ, H.; NUNEZ, M. J.; PARAJO, J. C. Natural antioxidants from residual sources- Review. **Food Chemistry**, n. 72, p. 145-171, 2001.

MÜHLEN, C. V.; ZINI, C. A.; CARAMÃO, E. B.; MARRIOTT, P. J. Caracterização de amostras petroquímicas e derivados utilizando cromatografia gasosa bidimensional abrangente (GCxGC). **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 765-775, 2006.

MÜLLER, N. T. G.; FASOLO, D.; BERTÊ, R.; ELY, C. V.; HOLZ, D. T. Análise fitoquímica das folhas de Myrtaceae: *Psidium cattleianum* Sabine e *Campomanesia guazumaefolia* (CAMB.) BERG. **Vivências**, v. 8, n. 14, p. 65-71, maio/2012.

MUSA, K. H.; ABDULLAH, A.; KUSWANDI, B.; HIDAYAT, M. A. A novel high throughput method based on the DPPH dry reagent array for determination of antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 141, p. 4102–4106, 2013.

MUSA, K. H.; ABDULLAH, A.; JUSOH, K.; SUBRAMANIAM, V. Antioxidant activity of pink flesh guava (*Psidium guajava* L.): Effect of extraction techniques and solvents. **Food Analytical Methods**, v. 4, p. 100–107, 2011.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolic in foods. **Journal of Chromatography**, v. 1054, n. 1/2, p. 411-424, 2004.

NAKASHIMA, K. High-performance liquid chromatographic analysis of drugs of abuse in biologic samples. **Journal of Health Science**, Tokio, v. 51, n. 3, p. 272-277, 2005.

NASCIMENTO, J. E.; MELO, A. F. M.; LIMA E SILVA, T. C.; VERAS FILHO, J.; SANTOS, E. M.; ALBUQUERQUE, V. P.; AMERIM, E. L. C. Estudo fitoquímico e bioensaio toxicológico frente a larvas de *Artemia salina* Leach. de três espécies medicinais do gênero *Phyllanthus* (*Phyllanthaceae*). **Revista Ciência Farmacêutica Aplicada**, v. 29, n. 2, p.145-150, 2008.

NASCIMENTO, R. J. **Potencial antioxidante de resíduo agroindustrial de goiaba**. 2010. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

NEPOMUCENO, M. F.; MAMEDE, M. E. O.; MACEDO, D. V.; ARMINDO, A. A.; PEREIRA, L. S.; TABAK, M. Antioxidant effect of dipyrindamole and its derivative RA-25 in mitochondria: correlation of activity and location in the membrane. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1418, p. 285-294, 1999.

NIERO, R.; MALHEIROS, A. Métodos de separação e identificação de princípios ativos naturais. **V Simpósio Iberoamericano de Plantas Medicinais**—Itajaí –Out/2010.

NIKI, E. Review article: Assessment of antioxidant capacity *in vitro* and *in vivo*. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 49, p. 503–515, 2010.

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

NOGUEIRA, J. N.; SOYBIHE SOBRINHO, J.; VENSICOVSKY, R.; FONSECA, H. Efeito do armazenamento nos teores de ácido ascórbico e beta-caroteno em goiaba liofilizada. **Archivos Latinoamericano de Nutrición**, v. 28, p. 363-377, 1978.

NUNES, I. L.; MERCADANTE, A. Z. Obtenção de cristais de licopeno a partir de descarte de tomate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 440-447, 2004.

OJEWOLE, J. A. Antiinflammatory and analgesic effects of *Psidium guajava* Linn. (Myrtaceae) leaf aqueous extract in rats and mice. **Methodos and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology**, v. 28, p. 441-446, 2006.

OH, W. K.; LEE, C. H.; LEE, M. S. Antidiabetic effects of extracts from *Psidium guajava*. **Journal of the Ethnopharmacology**, v. 96, p. 411-415, 2005.

OHSHIMA, H.; PIGNATELLI, B.; LI, C. Q.; BAFIAST, S.; GILIBERT, I.; BOFFETTA, P. Analysis of oxidized and nitrated proteins in plasma and tissues as biomarkers for exposure to reactive oxygen and nitrogen species. **IARC Science Publication**, v. 156, p. 393-394, 2002.

OLDONI, T. L. C. **Isolamento e identificação de compostos com atividade antioxidante de uma nova variedade de própolis brasileira produzida por abelhas da espécie *Apis mellifera***. 2007. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

OLDONI, T. L. C. **Prospecção e identificação de compostos bioativos de subprodutos agroindustriais**. 2010. 163f. Tese (Doutorado em Ciência) - Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2010.

OLIVEIRA, A. C. de. **Capacidade antioxidante de farinhas de resíduos de frutas tropicais**. 2008. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

OLIVEIRA, D. da S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. da C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Health Sciences**. Maringá, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

OLIVER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. **Journal of Chromatography. A**, v. 881, p. 543-555, 2000.

OLSON, J. A. Carotenoids and human health. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 49, supl. 1, p. 7-11, 1999.

OMENN, G. S.; GOODMAN, G. E.; THORNQUIST, M. D.; BALMES, J.; CULLEN, M. R.; GLASS, A.; KEOGH, J. P.; MEYSKENS, F. L. Jr.; VALANIS, B.; WILLIAMS, J. H. Jr.; BARNHART, S.; CHERNIACK, M. G.; BRODKIN, C. A.; HAMMAR, S. Risk factors for lung cancer and for intervention effects in CARET, the beta-carotene and retinol efficacy trial. **Journal National of Cancer Institute**, v. 88, p. 1550-1559, 1996.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ALVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. I. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Artmed: Porto Alegre, v. 1, 2005.

OSAKABE, M.; NATSUME, M.; ADACHI, T.; YAMAGISSHI, M.; HIRANO, R.; TARIZAWA, T.; ITAKURA, M.; KONDO, K. Effects of cação liquor polyphenols on the susceptibility of low-density lipoprotein to oxidation in hypercholesterolemic rabbits. **Journal of Atherosclerosis and Thrombosis**, Limerick, v. 7, p. 164-168, 2000.

OUDE GRIEP, L. M.; GELEIJNSE, J.M.; KROMHOUT, D.; OCKE, M. C.; VERSCHUREN, W. M. Raw and Processed Fruit and Vegetable Consumption and 10-Year Coronary Heart Disease Incidence in a Population-Based Cohort Study in the Netherlands. **PLoS One**, v. 25, p. 328-337, 2010.

PABU, C. V.; MURAKAMI, K. R. N.; WATLINGTON, F. Goiaba no mercado. **O agrônomo**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 22-26, 2006.

PACHECO, M. T. B.; SGARBIERI, V. C. Fibra e doenças gastrointestinais. In: LAJOLO, F. M. et al. **Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud**. São Paulo: varela, 2001. 397p.

PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of brasilian guavas (*Psidium guajava* L.). **Food Chemistry**, v. 20, p. 11-19, 1986.

PAJAK, P.; SOCHA, R.; GAŁKOWSKA, D.; ROZNOWSKI, J.; FORTUNA, T. Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. **Food Chemistry**, v. 143, p. 300–306, 2014.

PANTASTICO, E. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and vegetables**. Westport: AVI, 1975. 660p.

PATEL, K. M.; PATEL, J. K.; PATEL, M. P.; RAJPUT, G. C.; PATEL, H. A. Introduction to hyphenated techniques and their application in pharmacy. **Pharmaceutical Methods**, Bangalore, v. 1, n. 1, 2010.

PAYA, M.; HALLIWELL, B.; HOULT, J. R. Interactions of a series of coumarins with reactive oxygen species: scavenging of superoxide, hypochlorous acid and hydroxyl radicals. **Biochemical Pharmacology**, New York, n. 44, v. 2, p. 205–214.1992.

PELLEGRINI, N.; COLOMBI, B.; SALVATORE, S.; BRENNA, O.V.; GALAVERNA, G.; DEL RIO, D.; BIANCHI, M.; BENNETT, R. N.; BRIGHENTI, F. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, p.1003-111, 2007.

PEREIRA, A. C. da S. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará**. 2009. 120f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2009.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, nov. 2012.

PEREIRA, F. M.; MARTINEZ JÚNIOR, H. **Goiabas para industrialização**. Jaboticabal: UNESP, 1986. 142p.

PEREIRA, P. A. P. **Elaboração de geleia utilizando resíduo do processamento de goiaba (*Psidium guajava* L.)**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PEREIRA, F. M.; KAVATIR, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. especial, p. 092-108, Outubro 2011.

PERES, T. B. Noções básicas de cromatografia. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 227-229, 2002.

PEREZ-BONILLA, M.; SALIDO, S.; VAN BEEK, T. A.; ALTAREJOS, J. Radical-Scavenging Compounds from Olive Tree (*Olea europaea* L.) Wood. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 62, p. 144-151, 2014.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J. **Metodología para la evaluacion de ingredientes funcionales antioxidantes: efeito de fibra antioxidante de uva em status antioxidante y parâmetros de riesgo cardiovascular em humanos**. 2007. 244p. Tese (doctorado em Ciencia y Tecnologia de los Alimentos) – Universidad de Sevilla. Sevilla, 2007.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**. Toronto, v.39, n. 7, p.791-800, 2006.

PESCHEL, W.; SÁNCHEZ-RABANEBA, F.; DIEKMANN, W.; PLSCHER, A.; GARTZÍA, I., JIMÉNEZ, D.; LAMUELA-RAVENTÓS, R.; BUXADERAS, S.; CODINA, C. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. **Food Chemistry**, Barking, v. 97, n. 1, p. 137-150, 2006.

PETRUZZIELLO, L.; IACOPINI, F.; BULAJIC, M. Review article: uncomplicated diverticular disease of the colon. **Alimentary Pharmacology Therapeutics**, v. 23, n. 10, p. 1379-91. 2006.

PIANO, F.; BERTOLONE, E.; PES, D.; ASPROUDI, A.; BORSA, D. Focusing on bioactive compounds in grapes: stilbenes in Uva Lino cv. **European Food Research Technology**, v. 237, p. 897–904, 2013.

PIENIZ, S.; COLPO, E.; OLIVEIRA, V. R. de.; ESTEFANEL, V.; ANDREAZA, R. Avaliação in vitro do potencial antioxidante de frutas e hortaliças. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 33, n. 2, p.552-559, mar/abr., 2009.

PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, n. 7, p. 1035-1042, 2000.

PIMENTEL, C. V. M. L.; FRANCKI, K. M.; GOLLUCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Metha, 2005, 95p.

- PINHO, L. X. **Aproveitamento do pendúculo do caju (*Anacardium Occidentale L.*) para alimentação humana**. 2009. 85p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; ANDRADE, A. M. R.; FRAGA, S. L. P.; TEIXEIRA, R. B. Fermentação em estado sólido: Uma alternativa para o aproveitamento e valorização de resíduos agroindustriais tropicais. **Comunicado técnico on line 102**, v.01, p.1-5. 2005.
- PODSEDEK, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **LWT-Food Science Technology**, v. 40, p. 1-11, 2007.
- POPENOE, W. **Manual of tropical and subtropical fruits**. New York; Mac Millan, 1974. 278p.
- PORCÚ, O. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Fatores que influenciam na composição de carotenóides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados**. 2004. 98f. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 2004.
- POULSEN, H.E.; PRIEME, H.; LOFT, S. Role of oxidative DNA damage in cancer initiation and promotion. **European Journal of Cancer Prevention**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 9-16, 1998.
- POURCHET-CAMPOS, M. A. Fibra: A fração que desafia os estudiosos. **Revista de Alimentos e Nutrição**, v. 2, p. 53-63, 1990.
- PRABU, G. M.; GNAMAMI, A.; SADULA, S. Guajaverin – a plant flavonoid as potential antiplaque agent against *Streptococcus mutans*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 111, p. 487-495, may, 2006.
- PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2009.
- PRASAD, N. B. L., AZEEMODIN, G. Characteristics and composition of guava (*Psidium guajava* L.) seed and oil. JNTU: oil Technological Research Institute, **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 71, n. 4, p. 457-458, Apr. 1994.
- PRIOR, R. L., WU, X., SCHAICH, K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 4290-4302, 2005.
- PRONAF . **Software SAAFAgro – Perfil Agroindustrial de Polpas de Fruta e Extrato de Tomate**. Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- 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.
- RAHMAN, K. Review: Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. **Clinical Interventions in Aging**, v. 2, n. 2, p. 219–236, 2007.

- RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos e gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, p. 755-760, 2006a.
- RAMIREZ-TORTOSA, C.; ANDERSEN, O. M.; GARDNER, P. T.; MORRICE, P. C.; WOOD, S. G.; DUTHIE, S. J.; COLLINS, A. R.; DUTHIE, G. G. Anthocyanin-rich extract decreases indices of lipid peroxidation and DNA damage in vitamin e-depleted rats. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 31, n. 9, p. 1033-1037, 2001.
- RAMOS, S. C.; OLIVEIRA, M. N. G. Constipação intestinal no idoso: a fibra como tratamento e prevenção. **Nutrição em Pauta**. São Paulo, v. 10, n. 54, p. 51-55, 2002.
- RAO, A.V.; RAO, L.G. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**, v. 55, p. 207-216, 2007.
- RAUPP, D. S.; SGARBIERI, V. C. Efeito da fibra solúvel de alta viscosidade na ingestão de alimentos, na excreção fecal e no peso corpóreo, em ratos. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 40, p. 863-874, 1997.
- RAZAVI, S. M.; NAZEMIYEH, H.; HAJIBOLAND, R.; KUMARASAMY, Y.; DELAZAR, A.; NAHAR, L.; SARKER, S. D. Coumarins from the aerial parts of *Prangos uloptera* (Apiaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v 18, p. 1-5, 2008.
- REBOUÇAS, E. R.; GENTIL, D. F. de O.; FERREIRA, S. A. do N. Caracterização física de frutos e sementes de goiaba – da – costa - rica (*Psidium friedrichsthalianum*), produzidos em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 30, n. 2, p. 546 – 548. Jun, 2008.
- REEDY, P. V.; SAHANA, N.; UROOJ, A. Antioxidant activity of *Aegle marmelos* and *Psidium guajava* leaves. **Internation Journal of Medicinal and Aromatic Plants**, v. 2, n. 1, p. 155-160, 2012.
- REGO, T. C. E. D. **Avaliação De um método de cromatografia em fase gasosa- Head space e estudo da estabilidade do etanol em amostras de sangue**. 2008. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- REHMAN, Z.; HABIB, F.; SHAH, W. H. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. **Food Chemistry**, Barking, v. 85, n. 2, p. 215-220, 2004.
- RESTREPO-SÁNCHEZ, D, C.; NARVÁEZ-CUENCA, C. E.; RESTREPO-SÁNCHEZ, L. P. Extracción de compuestos con actividad antioxidante de frutos de guayaba cultivada en Vélez-Santander, Colômbia. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1517-1522, 2009.
- RETORE, M. **Caracterização da fibra de co-produtos agroindustriais e sua avaliação nutricional para coelhos em crescimento**. 2009. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- RIBEIRO, C. M. R.; SOUZA, N. A. de. Esquema geral para elucidação de substâncias orgânicas usando métodos espectroscópico e espectrométrico. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 1026-1031, 2007.

RIBEIRO, S. M. R.; BARBOSA, L. C. A.; QUEIROZ, J. H.; KNODLER, M.; SCHIEBER, A. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**, Barking, v. 110, p. 620-626, 2008.

RIBEIRO, S. S. **Estudo fitoquímico e atividades biológicas de *Jatropha curcas* L.** 2010, 158p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2008.

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

ROBARDS, K. Strategies for the determination of bioactive phenols in plants, fruit and vegetables. **Journal of Chromatography A- review**, v. 100, p. 657-691, 2003.

ROBERTO, B. S. **Resíduo de goiaba: metabolismo em ratos e aplicabilidade em barra de cereais.** 2012. 160f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

ROCKENBACH, I. I. **Compostos fenólicos, ácidos graxos e capacidade antioxidante do bagaço da vinificação de uvas tintas (*Vitis vinifera* L. e *Vitis labrusca* L.).** 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

RODRIGO, R.; CASTILLO, R.; CARRASCO, R.; HUERTA, P.; MORENO, M. Diminution of tissue lipid peroxidation in rats is related to the *in vitro* antioxidant capacity of wine. **Life Science**, v. 76, p. 889-900, 2005.

RODRIGUES, B. S. **Resíduos da agroindústria como fonte de fibras para elaboração de pães integrais.** 2010. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de agricultura. “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

RODRIGUES, H. G.; DINIZ, Y. S. A.; FAINE, L. A.; ALMEIDA, J. A.; FERNANDES, A. A. H.; NOVELLI, E. L. B. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 315-320, 2003.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in food.** Washington, DC: OMNI Research, 1999. 64p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods.** Arlington: John Snow Inc./OMNI Project, 1997. 88p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides: tabela de composição de carotenóides em alimentos.** Brasília: Ministério de Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas (MMA/SBF), 2008. 100 p.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n.1, p. 53-60, jan./mar. 2007.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, Barking, v. 92, n. 2, p. 235-234, 2005.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. **Valorização de resíduos da agroindústria**. II Simpósio Internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais – II SIGERA. Foz do Iguaçu, PR. 15 a 17 de março de 2011.

RUBILAR, M.; PINELO, M.; SHEME, C.; SINEIRO, J.; NUNEZ, M. J. Separation and HPLC-MS identification of phenolic antioxidants from agricultural residues: almond hulls and grape pomace. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, p. 10101-10109, Nov, 2007.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.G. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/ácido linoléico. **Comunicado técnico on line EMBRAPA Agroindústria Tropical**, Fortaleza, nº 126,4p. 2006.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.G., Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado técnico on line EMBRAPA Agroindústria Tropical**, Fortaleza, nº 127, 4p. 2007b.

RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. 2008. 264p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2008.

SÁ, A. P. C. S. **Potencial antioxidante e aspectos químicos e físicos das frações comestíveis (polpa e cascas) e sementes de Jamelão (*Syzygiumcumini*, L. Skeels)**. 2008. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

SALES, B. A. **Produção de Sucedâneos de Cereais de Pequeno-Almoço ricos em compostos bioativos a partir de subprodutos da indústria agroalimentar**. 2012. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) - Universidade Superior de Agronomia. Lisboa, 2012.

SALIB, J. Y., MICHAEL, H. N. Cytotoxic phenylethanol glycosides from *Psidium guajava* seeds. **Phytochemistry**, oxford, v. 65, p. 2091-2093, July, 2004.

SALIM, E. I.; KANEKO, M.; WANIBUCHI, H.; MORIMURA, K.; FUKUSHIMA, S. Lack of carcinogenicity of enzymatically modified isoquercitrin in F344/DuCrj rats. **Food and Chemical Toxicology**, v. 42, n. 12, p. 1949-1969, 2004.

SALINAS, R. D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3 Ed. Porto Alegre: Artemed, 2002.

SALUNKHE, D. K.; CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S. Dietary Tannins: Consequences and Remedies, **CRC Press**, Boca Raton, FL, 1989.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food Agricultural**, v. 76, p. 270-276, 1998.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v. 8, p. 121 – 137, 2002.

SANCHO, S. de O. **Estudo do potencial de resíduos de frutas tropicais para elaboração de suplemento alimentar probiótico**. 2011. 203f. Tese (Doutorado em biotecnologia-RENORBIO) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SANTOS, A. F., CAVADA, B. S., ROCHA, B. A. M., NASCIMENTO, K. S., SANT' ANA, A. E. G. Toxicity of some glucose/mannose-binding lectins to *Biomphalaria glabrata* and *Artemia salina*. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 2, p. 794-798, 2010.

SANTOS-BUELGA, C.; SCALBERT, A. Proanthocyanidins and tannin-like compounds nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 80, p. 1094-117, 2000.

SANTOS, C. A. do A., COELHO, A. F. S., CARREIRO, S. C. Avaliação microbiológica de polpas de frutas congeladas. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, n. 28, n. 4, p. 913-915, 2008.

SANTOS, C. A. F.; CORRÊA, L. C.; COSTA, S. R. da. Genetic divergence among *Psidium* accessions based on biochemical and agronomic variables. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 149-156, 2011.

SANTOS, I. S. N. **Avaliação do potencial antioxidante dos compostos fenólicos de extratos de plantas da flora portuguesa**. 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2011.

SANTOS, C. X. dos. **Caracterização físico-química e análise da composição química da semente de goiaba oriunda de resíduos agroindustriais**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga, 2011.

SANTOS, L. P. dos. **Caracterização química e avaliação da propriedade antioxidante de diferentes variedades de uva**. 2009. 50f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

SANTOS, M. de F. G. dos. **Qualidade e potencial funcional da porção comestível e do óleo de frutos de palmeiras nativas oriundas do Amapá**. 2012. 170f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.

SAUTTER, C. K.; DENARDIN, S.; ALVES, A. O.; MALLMANN, C. A.; PENNA, N. G.; HECKTHEUER, L. H. Determinação de resveratrol em sucos de uva no Brasil. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 437-442, jul/set. 2005.

SCALBERT, A; WILLIANSO, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 2073S-85S, 2000.

SCHIEBER, D. F.; STINTZING, C.; CARLE, R. Byproducts of plant food rocessing as a source of functional compounds-recent developments. **Trends Food Science Technology**, v. 12, p. 401-413, 2001.

SCHNEIDER, Y.; VINCENT, F.; DURANTON, B.; BADOLO, L.; GOSSÉ, F.; BERGMANN, C.; SEILER, N.; RAUL, F. Anti-proliferative effect of resveratrol, a natural component of grapes and wine, on human colonic cancer cells. **Cancer letters**, v. 158, p. 85-91, 2000.

SCOLASTICI, C.; LIMA, R. O.; BARBISAN, L. F.; FERREIRA, A. L.; RIBEIRO, D. A.; SALVADORI, D. M. Lycopene activity against chemically induced DNA damage in Chinese hamster ovary cells. **Toxicology in Vitro**, v. 21, p. 840-845, 2007.

SCOTT, J. A.; KING, G. L.; ANN, N. Y. Oxidative stress and antioxidant treatment in diabetes. **Academic Science**, v. 1031, p. 204–213, 2004.

SEBRAE- Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresas. **Estatística das exportações e importações de frutas fresacas**. Disponível em: www.sebrae.com.br/setor/.../exportacoes-de-frutas-fevereiro-2013. Acesso em: 20 de janeiro de 2014.

SEERAM, N. P.; SCHUTZKI, R.; CHANDRA, A.; NAIR, M. G. Characterization, quantification, and bioactivities of anthocyanins in Cornus species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2519-2523, 2002.

SELANI, M. M. **Extrato de bagaço de uva como antioxidante natural em carne de frango processada e armazenada sob congelamento**. 2010. 96f. Dissertação (Mestardo em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luíz de Queroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010.

SERDULA, M. K.; BYERS, T.; MOKDAD, A. H.; SIMOES, E.; MENDLEIN, J. M.; COATES, R. J. The association between fruit and vegetable intake and chronic disease risk factors. **Epidemiology**, v. 7, p. 161-165, 1996.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, P. K. Phenolic antioxidants. **CRC- Critical Review in Food Science and Nutrition**, v. 32, p. 67-103, 1992.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Phenolics in food and nutraceuticals**. New York: CRC, 2004.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, v.17, p. 227-236, 2004.

SHARMA, O. P.; BHAT, T. K. DPPH antioxidant assay revisited. **Food Chemistry**, v. 113, p. 1202 – 1205, 2009.

SHI, J.; LE MAGUER, M. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. **Critical Reviews Biotechnology**, v. 4, p. 293-334, 2000.

SHIRAHGUE, L. D. **Caracterização química de extratos de sementes e casca de uva e seus efeitos antioxidante sobre carne de frango processada e armazenada sob refrigeração**. 2008. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2008.

SHUI, G.; LEONG, L. P. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. **Food Chemistry**, Washington, v. 97, n. 2, p. 277-284, 2006.

SIES, H. **Oxidative Stress: Introductory Remarks**, Academic Press: London, 1985.

SIES H. Oxidative stress: from basic research to clinical application. **American Journal of Medicinal**, v. 91, p. 31S-38S, 1991.

SIES, H. Oxidative stress: oxidants and antioxidantes. **Experimental Physiology**, v. 82, p. 291-295, 1997.

SIES, H. Strategies of antioxidant defence. Review. **European Journal of Biochemistry**, v. 215, n. 2, p. 213-219, 1993.

SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZYNSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIWUACZ, A.; PISULEWSKI, P. M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, London, v. 107, p. 50-55, 2008.

SILBERBERG, M.; MORAD, C.; MATHEVON, T.; BESSON, C.; MANACH, C.; SCALBERT, A.; REMESEY, C. The bioavailability of polyphenols is highly governed by capacity of the intestine and of the liver to secrete conjugated metabolites. **European Journal of Nutrition**, v. 45, p. 88-96, 2006.

SILVA, B. M.; ANDRADE, P. B.; VALENTÃO, P.; FERRERES, F.; SEABRA, R. M.; FERREIRA, M. A. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel and seed) and Jam: antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 52, n. 15, p. 4705-4712, 2004.

SILVA, C. G.; RAULINO, R. J.; CERQUEIRA, D. M.; MANNARINO, S. C.; PEREIRA, M. D.; PANEK, A. D.; SILVA, J. F. M.; MENEZES, F. S.; ELEUTHERIO, E. C. A. *In vitro* and *in vivo* determination of antioxidant activity and mode of action of isoquercitrin and *Hyptis fasciculata*. **Phytomedicine**, v. 16, n. 8, p. 761-767, 2009.

SILVA, D. S. **Estabilidade de suco tropical de goiaba (*Psidium guajava* L.) não-adoçado obtido pelos processos de Enchimento a quente e asséptico**. 2007. 98f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SILVA, F. O. Total ascorbic acid determination in fresh squeezed orange juice by gas chromatography. **Food Control**, v. 16, p. 55-58, 2005.

SILVA, L. M. R. da.; FIGUEIREDO, E. A. T. de.; RICARDO, N. M. P. S.; VIEIRA, I. G. P.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 143 p. 398-404, 2014.

SILVA, L. M. da. **Estudo da potencialidade dos resíduos do umbu, manga e goiaba como**

bioadsorventes. 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga, 2012.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANT'ANA, A. dos S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set, 2010.

SILVA, M. M.; SANTOS, M. R.; CAROÇO, G.; ROCHA, R.; JUSTINO, G.; MIRA, L. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids: a re-examination. **Free Radical Research**, v. 36, n. 11, p. 1219-1227, 2002.

SILVA, S. A.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M.; ALENCAR, A. L. S.; PRASAD, S.; CAVALHEIRO, J. M. O. Estudo termogravimétrico e calorimétrico da algaroba. **Química Nova**, v. 24, p. 4, 2001.

SILVA, V. L.; COZZOLINO, S. M. F. Vitamina C (ácido ascórbico). In: COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. 2. ed. atual. e ampl. Barueri-SP: Manole, cap. 12, p. 305-324, 2006.

SILVEIRA, M. R. S da. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de puçazeiro “Coroa de Frade” (*Mourici elliptica* Mart.) da vegetação litorânea do Ceará**. 2008. 116f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2008.

SIRIWOHARN, T.; WROLSTAD, R. E.; FINN, C. E.; PEREIRA, C. B. Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus L.* hybrids) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 8021-8030, 2004.

SKOOG, D. A.; HOOLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 836p.

SKOOG, D. A.; LEARY, J. J. High-Performance liquid Chromatography In: **Principles of Instrumental Analysis**, 4 ed., Harcourt Brace College Publishers, Flórida, p 628 – 669, 1992.

SMIDERLE, L. de A. S. M. **Atividade Antioxidante, Polifenóis Totais, Carotenoides Totais, α - e β -carotenos e Isômeros trans (E) e cis (Z) em Cultivares de Abóbora (*Cucurbita moschata*) Cruas e Cozidas**. 114f. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Farmácia, Rio de Janeiro, 2013.

SOARES, D. G.; ANDREAZZA, A. C.; SALVADOR, M. Sequestering Ability of Butylated Hydroxytoluene, Propyl Gallate, Resveratrol, and Vitamins C and E against ABTS, DPPH, and Hydroxyl Free Radicals in Chemical and Biological Systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 10, p. 1077-1080, 2003.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSK, E. M.; GONZAGA, L.; FEET, R. Compostos fenólicos e antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30 , n. 1, p. 59-64, 2008.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidants. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-78, 2002.

SOCOL, C. R., VANDENBERGHE, L. P. S. Overview of applied solid-state fermentation in Brazil. **Biochemical Engineering Journal**. Amsterdam, v. 13, p. 205-218, mar, 2003.

SOONG, Y. Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, London, v. 88, p. 411-417, 2004.

SOUSA, B. A. A. **Funcionalidade dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semi-sólido de resíduos de abacaxi (*Ananas comosus* L.) e goiaba (*Psidium guajava* L.)**. 2009.120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

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

SOUSA, C. M. de M.; SILVA, H. R.; VIEIRA JÚNIOR, G. M.; AYRES, M. C. C.; SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. de J. M da.; LIMA, A de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, may/june, 2011.

SOUSA, M. S. B; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal and Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 1-9, abr/jun, 2011.

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. de J. M da.; LIMA, A de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, may/june, 2011.

SOUSA, S. C de.; SANTIAGO, R. R.; VAL, F. G. do.; RAMOS, B. F.; FARIA, E. R. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para Abertura de uma Agroindústria Processadora de Polpa de Frutas no Município Aimorés - MG. **Relatório Técnico**. Viçosa, 2005, 103p.

SOUZA, A. das G. de. **Caracterização molecular, citogenética e seleção de espécies de *Myrtaceae* resistentes ao nematóide *Meloidogyne enterolobii***. 2011. 118f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SOUZA, M. C. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de diferentes progenies de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)**. 2007. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

STALIKAS, C. D. Extraction, separation and detection methods for phenolic acids and flavonoids. **Journal of Separation Science**, v. 30, p. 3268-3295, dec, 2007.

STANNER, S.; HUGHES, J.; BUTTRISS, J. A review of the epidemiological evidence for the antioxidant hypothesis. **Public Health Nutrition**, v. 7, n. 3, p. 407-22, 2004.

STREET, D. A.; COMSTOCK, G. W.; SALKELD, R. M.; SCHUEP, W.; KLAG, M. J. Serum antioxidants and myocardial infarction. **Circulation**, Dallas, v. 90, p. 1154-1161, 1994.

SUBBARAMAIAH, K.; CHUNG, W. J.; MICHALUART, P.; TELANG, N.; TANABE, T.; INOUE, H.; JANG, M.; PEZZUTO, J. M.; DANNENBERG, A. J. Resveratrol inhibits cyclooxygenase-2 transcription and activity in phorbol ester-treated human mammary epithelial cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 273, n. 34, p. 21875-21882, 1998.

TAIZ, L.; ZEIGER, F. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 687p.

TAKEDA, S.; MATSUOKA, M. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population changes. **Nature reviews Genetics**, v. 9, p. 444-457, 2008.

TALCOTT, S. T.; PERCIVAL, S. S.; PITTET-MOORE, J.; CELORIA, C. Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 935-941, 2003.

TASCA, A. P. W. **Efeito do processamento industrial para obtenção de goiabada sobre os compostos antioxidantes e cor**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado Ciências dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêutica de Araraquara, Araraquara, 2007.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 669-675, 2006.

THOMAS, M. J. The role of free radicals and antioxidants. **Nutrition**, v. 16, n. 7/8, p.16-18, 2000.

TOGNON, A. L. **Quantificação e avaliação da bioacessibilidade *in vitro* de micro e macroelementos em frutas, hortaliças e cereais**. 2012. 119f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Ribeirão preto, 2012.

TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. **Food Research International**, v. 38, p. 487-494, 2005.

TOURNAIRE, C.; CROUX, S.; MAURETTE, M.T.; BECK, I.; HOCQUAUX, M.; BRAUN, A. M.; OLIVEROS, E. Antioxidant activity of flavonoids: efficiency of singlet oxygen ($^1\Delta_g$) quenching. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 19, p. 205-215, 1993.

TSUDA, T. Dietary anthocyanin-rich plants: Biochemical basis and recent progress in health benefits studies. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 56, p.159-170, 2012.

UCHÔA, A. M. A. **Adição de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais na formulação de biscoitos**. 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

UCHÔA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C., CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros Físico-Químicos, Teor de Fibra Bruta e Alimentar de Pós

Alimentícios Obtidos de Resíduos de Frutas Tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

UDDIN, M. S.; HAWLADER, M. N. A.; DING, L.; MUJUMDAR, A. S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **Journal of Food Engineering**, v. 51, p. 21-26, 2002.

UENOJO, M.; MARÓSTICA JÚNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007.

UNESCO. **International symposium on 'new directions in urban Water Management**, 2007. Disponível em: <http://typo38.unesco.org/index.php?urban_water_07>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2011.

URSO, M. L.; CLARKSON, P. M. Oxidative stress, exercise, and antioxidant supplementation. **Toxicology**, v. 189, p. 41-54, 2003.

VALENTÃO, P.; CARVALHO, M.; FERNANDES, E.; CARVALHO, F.; ANDRADE, P. B.; SEABRA, R. M.; BASTOS, M. L. Protective activity of *Hypericum androsaemum* infusion against tert-butyl hydroperoxide-induced oxidative damage in isolated rat hepatocytes. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 92, p. 79-84, 2004.

VANDENBROUCK, I. D.; VERICEL, E.; JANIEL, C.; CARREAS, M.; LECOMTE M. Dual regulation of glutathione peroxidase by docosahexaenoic acid in endothelial cells depending on concentration and vascular bed origin. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 30, p. 895-904, 2001.

VAN GADOW, A.; JOUBERT, E.; HANSMANN, C. F. Comparison of antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of Rooibos tea (*Aspalathon linearis*), atocopherol, BHT and BHA. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 45, p. 632 -638, 1997.

VANHAECKE, P.; PERSSONE, G.; CLAUS, C.; SORGELOOS, P. A short-term toxicity test with *Artemia nauplii*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 5, p. 382-387, 1981.

VASCONCELOS, S. M. L.; GOULART, M. O. F.; MOURA, J. B. F.; MANFREDINI, V.; BENFATO, M. S.; KUBOTA, L. T. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1323-1338, 2007.

VEDANA, M. I. S. **Efeito do processamento na atividade antioxidante da uva**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

VENDRAMINI, A. L. A.; TRUGO, L.C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 15, n. 5, p. 664-668, 2004.

VERMA, A. K.; RITUPARNA BANERJEE, V. R.; BISWAS, S.; DAS, A. K. Guava (*Psidium guajava* L.) powder as na antioxidant dietary fibre in sleep meat nuggets. **Asian - Australasia Journal of Animal Science**, v. 26, n. 6, p. 886-895, jun, 2013.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Carotenoides em abóbora. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA)**, Curitiba, v. 29, n. 1, 2011.

VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H. de.; VIEIRA, B. C.; MENDES, F. Q.; BARBOSA, A. de A.; MULLER, E. S.; SANT'ANA, R. de C. O.; MORAES, G. H. K. de. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera indica* L.) Var. UBÁ. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara. v.20, n.4, p. 617-623, out./dez, 2009.

XAVIER, F. G.; RIGHI, D. A.; FLÓRIO, J. C.; SPINOSA, H. S. Cromatografia em camada delgada para o diagnóstico da intoxicação por aldicarb (—chumbinho) em cães e gatos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 5, p. 1231-1235, 2007.

XU, X. M.; YU, S.; LI, R.; FAN, J.; CHEN, S. H.; SHEN, H. T.; HAN, J. L.; HUANG, B. F.; REN, Y. P. Distribution and migration study of pesticides between peel and pulp in grape by online gel permeation chromatography-gas chromatography/mass spectrometry. **Food Chemistry**, Barking, v. 135, p. 161-169, 2012.

WACH, A.; PYRZYNSKA, K.; BIESAGA, M. Quercetin content in some food and herbal samples. **Food Chemistry**, Barking, v. 100, n. 2, p. 699-704, 2007.

WANG, J.; ZHAO, L-L; SUN, G-X; LIANG, Y.; WU, F-A; CHEN, Z.; CUI, S. A comparison of acidic and enzymatic hydrolysis of rutin. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 8, p. 1460-1466, 2011.

WARIS, G.; AHSAN, H. Reactive oxygen species: role in the development of câncer and various chronic conditions. **Journal of Carcinogenesis**, v. 5, p. 14 – 21, 2006.

WARNER, A. C. I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts & Reviews Farnham Royal**, v. 51, n. 12, p. 789-975, 1981.

WASCHECK, R. C. et al. Pectina: um carboidrato complexo e suas aplicações. **Estudos**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 343-355, Maio/Jun. 2008.

WAWRZYNIAK, A. The role of lycopene in the human organism: an update – a review. **Polish Journal of Food and Nutrition Science**, v. 11, n. 52, p.3-12, 2002.

WEN, L., WROLSTAD, R. E. Phenolic composition of authentic pineapple juice. **Food Chemistry and Toxicology**, Corvallis, v. 67, n. 1, p. 155-161, 2002.

WHEATLEY, R.A. Some trends and the analytical chemistry of lipid peroxidation. **Trends in Analytical Chemistry**, v.19, n.10, p.617-28, 2000.

WILHELM FILHO, D.; SILVA, E.L.; BOVERIS, A.; Flavonóides antioxidantes de plantas medicinais e alimentos: importância e perspectivas terapêuticas. In: YUNES, R.A.; CALIXTO, J.B. **Plantas medicinais sob a ótica da química medicinal moderna**. p. 317 - 340, 2001.

WILLS, R. B. H.; WIMALASIRI, P.; GREENFIELD, H. Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Barking, v. 32, n. 4, p. 836–838, 1984.

- WILSON, P. G.; O'BRIEN, M. M.; GADEK, P. A.; QUINN, C. J. Myrtaceae revisited: a reassessment of infrafamilial groups. **American Journal of Botany**, v. 88, n. 11, p. 2013-2025, 2001.
- WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant activity of Apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 51, n. 3, p. 609-614, 2003.
- YAN, L. Y.; TENG, L. T.; JHI, T. J. Antioxidant properties of guava fruit: comparison with some local fruits. **Sunway Academic Journal**, v. 3, p. 9-20, 2006.
- YANG, J.; MARTINSON, T.E.; LIV, R. H. Phytochemical profiles and antioxidant activities of wine grapes. **Food Chemistry**, Barking, v. 11, p. 6332-339, 2009.
- YANG, Z.; KINOSHITA, T.; TANIDA, A.; SAYAMA, H.; MORITA, A.; WATANABE, N. Analysis of coumarin glycosidical lybound precursor in Japanese green tea having sweet-herbaceous use. **Food Chemistry**, v. 114, p. 289-294, 2009.
- YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, p. 27-31, 2000.
- ZHANG, C. P.; ZHENG, H. Q.; LIU, G.; HU, F. L. Development and validation of HPLC method for determination of salicin in poplar buds: Application for screening of counterfeit propolis. **Food Chemistry**, Barking, v. 127, n. 1, p. 345-350, 2011.
- ZAMBÃO, J. C.; BELLINTANI NETO, A. M. **Cultura da goiaba**. Campinas: CATI, 1998, 23p.
- ZANATTA, C. L.; ZOTARELLI, M. F.; CLEMENTE, E. Peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 705-708, jul/set, 2006.
- ZECHMEISTER, L. Cis-trans isomerization and stereochemistry of carotenoids and diphenylpolyenes. **Chemical Reviews**, v. 34, n. 2, p. 267-344, 1944.

CAPITULO II

Elaboração e aceitabilidade de produtos de panificação enriquecidos com semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó.

Artigo aceito para publicação na revista HOLOS.

ELABORAÇÃO E ACEITABILIDADE DE PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO ENRIQUECIDOS COM SEMENTE DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) EM PÓ.

A. M. A. UCHÔA THOMAZ^{1,2}; E. C. SOUSA^{1,2}; A. de LIMA²;

R. M. T. LIMA²; P. A. P. de FREITAS²; M. A. M. de SOUZA²; J. O. B. CARIOCA^{1,3}

¹ Rede Nordeste de Biotecnologia. Universidade Federal do Ceará. Campus Pici.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI. Campus Teresina Zona Sul. Laboratório de Análises de alimentos.

³ Universidade Federal do Ceará. PADETEC.

anamaria.uchoa@gmail.com - eldinasousa@hotmail.com - alessandro@ifpi.edu.br rosaliatlima@gmail.com - pedro.apfreitas@gmail.com - mariliamarques86@gmail.com

Artigo submetido em janeiro /2014 e aceito em xxx /2014

RESUMO

A indústria de alimentos, em especial a de processamento de frutos, produz uma grande quantidade de resíduos agroindustriais. Esses resíduos, constitui 65-70% da massa total dos frutos, conforme a espécie do fruto. Uma alternativa que vem crescendo, consiste no aproveitamento destes resíduos como matéria-prima para a produção de alimentos que sejam incluídos na alimentação humana. Este trabalho teve como objetivo propor a elaboração de produtos de panificação com substituições parciais da farinha de trigo por sementes de goiaba em pó. Foram utilizadas três formulações com diferentes percentuais de substituição da farinha de trigo por sementes de goiaba em pó, com níveis de substituição de 5%, 10% e 0% (controle).

Como resultado pode-se observar que a preparação A, formulações FA₅ e FA₁₀, apresentaram médias equivalentes aos termos hedônicos "gostei moderadamente" e "gostei muito". A preparação B, formulação FB₅ obteve as maiores médias em todas os atributos pesquisadas, cujas médias equivaleram ao termo hedônico "gostei moderadamente". Com isso, pode-se concluir que a adição de pós obtidos de resíduos de frutos como a goiaba é uma alternativa importante para evitar o desperdício e agregar benefícios nutricionais aos produtos de panificação.

Palavras –chave: semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó, desenvolvimento de produtos, análise sensorial.

PREPARATION AND ACCEPTABILITY OF BAKING PRODUCTS ENRICHED WITH GUAVA SEED (*Psidium guajava* L.) IN POWDER.

ABSTRACT

The food industry, in particular the processing of fruit, produces a large amount of waste. These residues constitute 65-70 % of the total weight of the fruit, depending on the species of the fruit. An alternative which is growing, is the exploitation of these waste as feedstock for the production of foods that are included in the human diet. This work aimed to propose the preparation of bakery products with partial substitution of wheat flour with guava seed obtained from the residues of guava pulp. Three formulations with different percentages of replacement of wheat flour by guava residue flour at levels of 5%

substitution, 10% and 0% (control) were used. As a result it can be seen that the preparation A, formulations FA₅ and FA₁₀ showed equivalent to medium hedonic terms "like moderately" and "liked". The preparation B, FB₅ formulation had the highest mean scores in all the surveyed attributes, whose means equaled the hedonic term "like moderately". Thus, we can conclude that the addition of flour residue fruits like guava is a very alternative feasible to avoid wastage and add nutritional benefits to bakery products.

Key-words: guava seed (*Psidium guajava* L.), product development, sensory evaluation.

ELABORAÇÃO E ACEITABILIDADE DE PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO ENRIQUECIDOS COM SEMENTES DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) EM PÓ.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas mundiais e vem tornando-se, nos últimos anos, uma grande potência no beneficiamento de sua produção. Produtos que antes eram exportados *in natura*, hoje, passam por diversos processos de industrialização. Em consequência, a agroindústria transformou-se em importante segmento da economia do país (SOUSA, 2009).

A goiaba é uma fruta considerada muito importante dentro do contexto da fruticultura brasileira e encontrando-se em expansão. Embora sua produção no Brasil esteja concentrada nos meses de janeiro a março, a comercialização da fruta ocorre o ano todo. O aumento no consumo está associado à grande divulgação das qualidades nutricionais da fruta (ZANATTA et al., 2006). Existem aproximadamente trezentas e vinte e quatro espécies de goiaba conhecidas nas regiões tropicais da América Central e América do Sul, distribuídas e cultivadas principalmente em países subtropicais e tropicais. Do gênero *Psidium* as variedades mais difundidas são a Paluma, Pedro Sato, Ogawa e Kumagai (LIMA et al., 2010). Ela possui características de uma fruta com sabor e perfume agradável, e é considerada um fruto altamente nutritivo, pois contém níveis elevados de ácido ascórbico e vários carotenóides tais como o β -caroteno, rubixanthin, luteína, cryptoflavin, fitoflueno e licopeno (MERCADANTE, 1999; BRITO et al., 2009).

A indústria de alimentos, em especial a de processamento de frutos, produz ao longo de sua cadeia produtiva uma grande quantidade de resíduos agroindustriais, além de inúmeros problemas ambientais. Essa quantidade de resíduos, segundo alguns autores, constitui 65-70% da massa total dos frutos, com algumas variações, conforme a espécie do fruto (SOUSA et al., 2011).

No Brasil são processadas cerca de 200 mil ton/ano de goiaba, gerando um resíduo próximo a 12 mil ton/ano, correspondente à semente. Embora os dados sobre a composição química e propriedades funcionais da semente de goiaba sejam escassos, os poucos trabalhos na literatura indicam um conteúdo de óleo entre 8-16%, fibras 50-60% e proteínas 7,6-9,8%, sendo estes valores variáveis em função de variedade, processamento e condições de cultura (FONTANARI et al., 2007; ROBERTO, 2012).

O desperdício de alimentos é um dos graves problemas que a agricultura mundial enfrenta. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO-ONU), mais da metade da produção de frutas e verduras é desperdiçada na América Latina. Cerca de 20% da produção é jogada no lixo antes de sair da propriedade rural (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2013).

Nos últimos anos, vários pesquisadores brasileiros vêm estudando o aproveitamento de resíduos, como as cascas e sementes de frutos, gerados pelas agroindústrias para a produção de alimentos ou ingredientes. Uma alternativa que vem crescendo desde o início da década de 1970 consiste no aproveitamento destes resíduos como matéria-prima para a produção de alguns alimentos perfeitamente passíveis de serem incluídos na alimentação humana. Assim a utilização econômica de resíduos de frutos oriundos do mercado *in natura* ou das agroindústrias, aliada ao desenvolvimento de tecnologias para minimizar as perdas nos processos produtivos, podem contribuir de forma significativa para a economia do país e a diminuição dos impactos ambientais (ISHIMOTO et al., 2007; PIOVESANA; BUENO; KLAJN, 2013). O desenvolvimento de novos produtos acentua a necessidade de testes seguros,

eficientes e representativos da opinião do consumidor, tanto quanto o estudo contínuo das mudanças nos hábitos alimentares. Os testes de preferência e aceitação com equipes de consumidores são indicados para avaliar, em termos de qualidade hedônica e aceitação, os novos produtos lançados no comércio (TREPTOW et al., 1998; PESSOA et al., 2011).

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo propor a elaboração de produtos de panificação com substituições parciais da farinha de trigo por sementes de goiaba em pó, bem como verificar a aceitabilidade sensorial e a intenção de compra.

MATERIAL E MÉTODO

• Obtenção dos resíduos, processamento e elaboração do pó das sementes de goiaba

Os resíduos agroindustrial de goiaba vermelha (*Psidium guajava*) cv. Paluma foram cedido por uma indústria produtora de polpa congelada de frutas (NUTRI VITA), localizada na cidade de Teresina - Piauí. Foram coletadas amostras em diferentes datas de produção (abril de 2011 e maio de 2012). As sementes foram retirados diretamente da linha de produção, logo após o processamento da polpa de fruta congelada de goiaba, e transportados imediatamente em caixa isotérmica para o Laboratório de Alimentos do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI. Ao chegarem foram armazenados, em sacos plásticos de polietileno sob congelamento à uma temperatura de -18°C . Para o início das análises estes resíduos foram descongelados à temperatura média de 25°C para serem desidratados em estufa com circulação de ar (TECNAL-modelo TE 394/I), em uma temperatura de 60°C por um período de 16 horas. Após a desidratação, os resíduos foram triturados no liquidificador da marca walita e peneirados. Para determinar o tamanho das partículas (classificação granulométrica) utilizou-se um conjunto de peneiras com 10, 30, 40, 60, 80, 100, 200 “mesh Tyler” (abertura de 2; 0,60; 0,42; 0,25; 0,18; 0,15; 0,075 mm, respectivamente) e a base. Em seguida, as quantidades retidas em cada peneira e na base foram pesadas. Posteriormente as sementes de goiaba em pó foram acondicionadas em frascos tampados de material plástico e cor âmbar previamente higienizados, e armazenados em temperatura de refrigeração, conforme figura 1.

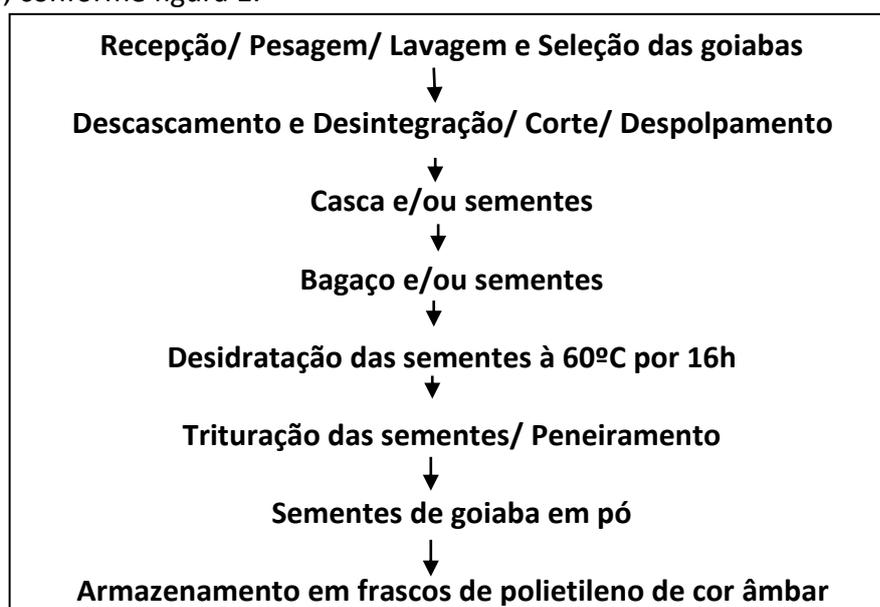


Figura 1: Fluxograma de obtenção das sementes de goiaba e da elaboração das sementes de goiaba em pó.

• **Formulação dos produtos (bolo doce e pizza portuguesa)**

Foram elaboradas dois produtos de panificação, bolo doce (Preparação A) e pizza sabor portuguesa (Preparação B). Na elaboração dos bolos foram utilizados farinha de trigo, leite, ovo, manteiga, açúcar refinado, fermento químico e sementes de goiaba em pó. Para o preparo da massa da pizza sabor portuguesa utilizou-se farinha de trigo, açúcar refinado, fermento biológico, óleo de soja, ovo, água, sal e sementes de goiaba em pó, e para o recheio utilizou-se queijo mussarela, presunto de peru, lingüiça calabresa, ovo e molho de tomate. As quantidades dos ingredientes das preparações A e B estão descritas nas tabela 1 e 2. Todos os ingredientes foram obtidos no comércio da cidade de Teresina, Piauí.

Tabela 1: Formulação do bolo doce enriquecido com diferentes percentuais das sementes de goiaba em pó. Teresina, outubro/2012.

Ingrediente	Quantidade (g/mL) de acordo com o percentual de substituição		
	FA ₀	FA ₅	FA ₁₀
Farinha de trigo	360	342	324
Sementes de goiaba em pó	-	18	36
Leite	300	300	300
Ovo	150	150	150
Manteiga	120	120	120
Açúcar refinado	260	260	260
Fermento químico	25	25	25

Fonte: Laboratório de Análise de Alimentos, IFPI.

As formulações com diferentes percentuais de substituição da farinha de trigo foram denominadas FA₅ (5%) e FA₁₀ (10%), para preparação A, e FB₅ (5%) e FB₁₀ (10%), para preparação B. Foram denominadas FA₀ e FB₀ os controle (sem substituição da farinha de trigo), para as preparações A e B, respectivamente. Para o preparo das formulações, inicialmente, a farinha de trigo e as sementes de goiaba em pó foram misturadas (mix) e homogeneizadas nas proporções, denominadas farinha mista.

Tabela 2: Formulação da pizza sabor portuguesa enriquecido com diferentes percentuais das sementes de goiaba em pó. Teresina, outubro/2012.

Etapa de preparo	Ingrediente	Quantidade (g/mL) de acordo com o percentual de substituição		
		FB ₀	FB ₅	FB ₁₀
Massa	Farinha de trigo	120	114	108
	Sementes de goiaba em pó	-	6	12
	Fermento biológico	2,8	2,8	2,8
	Açúcar refinado	6,5	6,5	6,5
	Óleo de soja	12	12	12
	Ovo	6	6	6
	Sal	1,2	1,2	1,2
	Água	100	100	100
Recheio	Queijo mussarela	150	150	150
	Presunto de peru	150	150	150
	Lingüiça calabresa	100	100	100
	Ovo	100	100	100

	Molho de tomate	175	175	175
--	-----------------	-----	-----	-----

Fonte: Laboratório de Análise de Alimentos, IFPI.

Inicialmente, todos os ingredientes das formulações, foram pesados em uma balança digital (Filizola® Platina, Brasil) com precisão de 0,1 g e capacidade máxima de 15 kg, no Laboratório de Panificação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI. Para o preparo dos bolos, primeiramente, bateu-se a manteiga gelada com o açúcar durante 4 minutos (modelo Planetária da marca ARNO), em batedor de globo e velocidade média. Em seguida, foram incorporadas as gemas. Logo após, incorporou-se a farinha mista e o leite em velocidade baixa, até se obter uma massa lisa e homogênea, a mistura foi reservada por alguns minutos. Bateu-se as claras em neve, velocidade alta, com batedor de globo, durante 2 minutos. Com auxílio de uma espátula, seguiu-se a incorporação das claras à massa, por meio de movimentos lentos e circulares. Por fim, foi incorporado o fermento químico. A massa do bolo foi, então, depositada em fôrma de alumínio circular com furo no meio (ROCHEDO, n.º 24), previamente untada com manteiga e polvilhada com farinha de trigo. Os bolos foram assados a 165°C, em forno de convecção combinado (Perfect Coral 4.0, 157 BRE – 126 A), durante 40 minutos. Os bolos foram então resfriados sobre uma mesa à temperatura ambiente até o momento das análises.

Na elaboração da pizza sabor portuguesa, primeiramente misturou-se os ingredientes água morna e fermento, posteriormente foram deixados em repouso por 10 minutos. Em seguida, adicionou-se açúcar, sal, ovos, óleo de soja, e a farinha mista. Os ingredientes foram misturados manualmente até formar uma massa homogênea, que permaneceu em repouso por 40 minutos. Logo após, as massas foram abertas em forma circular com o auxílio de um rolo, sendo que a espessura aproximada das formulações foi de 0,7 cm. Logo em seguida, as amostras foram assadas em forno (Brastemp® Clean, Brasil), na temperatura de 200 °C, por aproximadamente 15 minutos. Adicionou-se os ingredientes do recheio e colocou-se sob aquecimento por mais 5 minutos.

• ANÁLISE SENSORIAL E INTENÇÃO DE COMPRA

Utilizou-se na análise sensorial o teste efetivo de aceitação global e o teste de intenção de compra nas três formulações (0, 5 e 10%) das preparações A e B. Os testes foram realizados com 50 provadores não treinados, de ambos os sexos, com idade entre 16 e 46 anos, selecionados de forma aleatória. Para realização das análises os provadores receberam as informações necessárias para esclarecimento da proposta do trabalho e como deveriam realizar a avaliação do teste.

Durante a execução dos teste as amostras foram apresentadas aos provadores de forma monádica sequencial, cortadas em pedaços de aproximadamente 3cm², as quais foram depositadas em recipientes descartáveis codificados com três dígitos aleatórios e dispostas em ordens diferentes para cada provador. Juntamente com as mostras, foi servido um copo com água, para ser degustado entre cada prova, de forma a minimizar o sabor entre uma amostra e outra.

Foi utilizado a escala hedônica estruturada em 9 pontos com valores variando de 1 (desgostei muitíssimo), 5 (não gostei, nem desgostei) e 9 (gostei muitíssimo), para avaliar a aceitação global, considerando os atributos de aparência, aroma, sabor, textura, e impressão geral, conforme descrito por Peryam e Pilgrim (1957). Para a intenção de compra foi adotado uma escala hedônica estruturada de 5 pontos, em que 1 representa a pontuação mínima (certamente não compraria) e 5 a maior pontuação (certamente compraria) (SILVA,

1997), conforme figura 02. O índice de aceitabilidade (IA) de cada preparação foi calculado pela expressão: $IA (\%) = A \times 100/B$, onde A = nota média obtida para o produto e B=nota máxima dada ao produto (TEIXEIRA et al., 1987).



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PIAUI**
Campus Teresina - Zona Sul/Prof. Marcílio Rangel

Análise Sensorial de bolo doce/pizza sabor portuguesa

Nome: _____ Sexo () M () F Idade: () <16 () 16–25 () 25–35 () 35–45 () > 45

Caso você concorde em participar deste teste com bolo doce/pizza portuguesa com adição de sementes de goiaba e não tenha alergia e/ou outros problemas de saúde relacionados à ingestão deste produto, por favor, assine esta ficha:

ASSINATURA: _____

Instruções para o teste:
 Você está recebendo três amostras de cada preparação (bolo doce e Pizza sabor portuguesa). Elas foram preparadas com sementes de goiaba em pó, em diferentes composições (0, 5 e 10%). codificadas. Deguste uma por vez. Beba água entre a degustação de uma amostra e outra. Coloque a nota para cada característica de cada amostra de acordo com a escala abaixo.

OBS: A aceitação geral corresponde ao quanto você gostou ou desgostou da amostra de um modo geral.

9	Gostei MUITÍSSIMO
8	Gostei Muito
7	Gostei Moderadamente
6	Gostei Ligeiramente
5	Nem gostei, Nem Desgostei
4	Desgostei Ligeiramente
3	Desgostei Moderadamente
2	Desgostei Muito
1	Desgostei MUITÍSSIMO

AMOSTRA	APARÊNCIA	AROMA	SABOR	TEXTURA	ACEITAÇÃO GERAL

Agora você vai avaliar a sua intenção de compra com base na tabela abaixo para cada amostra.

5	Certamente compraria
4	Provavelmente compraria
3	Tenho dúvidas se compraria
2	Provavelmente não compraria
1	Certamente não compraria

AMOSTRA	NOTA INTENÇÃO DE COMPRA

Figura 02: Ficha de avaliação sensorial de bolo doce e pizza sabor portuguesa utilizando a escala hedônica para diversos atributos e a escala de intenção de compra.

• **ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Todos os resultados foram apresentados como média ± desvio padrão (DP) e analisados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparação de médias a 5% de significância (p <0,05), utilizando o programa SAS® 'Statistical Analytical Systems' (SAS, 2008) for Windows.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

• CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES DE GOIABA EM PÓ

A partir das sementes obtida dos resíduos do processamento de polpa congelada de goiaba obteve-se um pó que apresentou, após análises com peneiras de 10 a 200 “mesh Tyler”, uma granulometria variando entre 0,42mm e 0,60mm de diâmetro, visto que a retenção de uma maior quantidade de farinha se deu nas peneiras com “mesh” entre 30 e 40. Já em relação ao rendimento, levando em consideração à amostra úmida, pode-se observar um rendimento de aproximadamente 54%, resultado superior ao encontrado por Melo (2010), que ao avaliar a composição química e a atividade biológica de resíduos agroindustriais, observou no resíduo de goiaba liofilizado rendimento de 38,32%. Em outro estudo realizado por Prado (2009), ao analisar a composição fenólica e a atividade antioxidante em frutas tropicais obteve para a polpa de goiaba liofilizada um rendimento de 9,94%. Em frutos de outras mirtáceas, como araçá-pêra (*Psidium acutangulum*) e araçá-boi (*Eugenia stipitata*) o rendimento foi de 55,01% e 63%, respectivamente (FERREIRA, 1992; REBOUÇAS, 2008). O bom rendimento apresentado pelo resíduo de goiaba pode ser atribuído a grande quantidade de semente na sua composição.

• ANÁLISE SENSORIAL E INTENÇÃO DE COMPRA

O primeiro teste sensorial realizado com as amostras teve como objetivo verificar a preferência dos provadores em relação às três formulações de bolo doce, onde estas diferiam entre si pela percentual de sementes de goiaba em pó adicionadas a mistura. Os dados obtidos nesta análise podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3: Médias do teste sensorial afetivo e intenção de compra realizados para as formulações de bolo doce com 0% (FA₀), adicionado de 5% (FA₅) e 10% (FA₁₀). Teresina, outubro/2012.

Atributo sensorial	Bolo doce*		
	FA ₀	FA ₅	FA ₁₀
Aparência	6,57±0,11 ^b	7,77±0,15 ^a	6,83±0,20 ^b
Aroma	7,10±0,10 ^b	7,70±0,26 ^a	7,10±0,17 ^b
Sabor	7,77±0,15 ^a	8,20±0,26 ^a	8,00±0,00 ^a
Textura	7,34±0,15 ^b	8,10±0,10 ^a	7,80±0,10 ^a
Impressão geral	7,93±0,15 ^a	8,23±0,25 ^a	7,93±0,15 ^a
Intenção de compra	3,20±0,10 ^b	4,33±0,15 ^a	4,10±0,00 ^a

*Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Fonte: Laboratório de Análise de Alimentos, IFPI.

Conforme a tabela 3, para os atributos aparência e aroma as médias encontradas variaram entre 6 e 7, o que corresponde a um nível de preferência na escala hedônica entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”. Já nos atributos de sabor, textura e impressão geral as médias encontradas variaram entre 7 e 8, o que corresponde a um nível de preferência na escala hedônica entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”.

As avaliações gostei muito (8) e gostei moderadamente (7) foram as mais assinaladas para o atributo sabor, textura e impressão geral. Resultados similares foram relatados por Lima (2007), ao avaliarem o aroma de formulações de pães adicionados de farinha de linhaça e farinha de maracujá. O que também corroboram os resultados obtidos por Martin et al. (2012), que também obtiveram a maioria das respostas dadas pelos provadores para

os atributos superiores a 7, indicando boa aceitação do bolo acrescido do suco de cascas de abacaxi.

Avaliando-se os dados de preferência pela Análise de Variância (ANOVA), para os atributos aparência e aroma, percebeu-se que a amostra FA₅, obteve maior média e apresentou diferença significativa, das amostras FA₀ e FA₁₀, ao níveis de significância de 5%. No atributo textura constatou-se que as formulações FA₅ e FA₁₀, apresentaram notas maiores que FA₀ ($p < 0,05$). Nos atributos sabor e impressão geral, as amostras não apresentaram diferença significativa ao níveis de significância de 5%. Entretanto, todas as amostras permaneceram com resultados acima de 50%, podendo ser consideradas com boa aceitação.

As formulações FA₅ e FA₁₀, apresentaram maiores notas de intenção de compra, $4,33 \pm 0,15$ e $4,10 \pm 0,00$, respectivamente, que a formulação FA₀, $3,20 \pm 0,10$ ($p < 0,05$), isso demonstra que os provadores “certamente compraria” o bolo com substituição de 5 e 10% da farinha de trigo. Com isso, pode-se avaliar que é viável a comercialização desse produto com a utilização das sementes de goiaba em pó.

Conforme Nassu (2007), os métodos afetivos expressam opinião (preferência ou aceitabilidade) do consumidor potencial de um produto a respeito das características específicas do mesmo. Os dados obtidos no teste afetivo aplicado às três formulações de pizza sabor portuguesa pode ser observados na tabela 4.

Tabela 4: Médias do teste sensorial afetivo e intenção de compra realizados para as formulações de pizza sabor portuguesa com 0% (FB₀), adicionado de 5% (FB₅) e 10% (FB₁₀). Teresina, outubro/2012.

Atributo sensorial	Pizza sabor portuguesa*		
	FB ₀	FB ₅	FB ₁₀
Aparência	$7,10 \pm 0,10^a$	$7,10 \pm 0,10^a$	$6,60 \pm 0,10^b$
Aroma	$6,80 \pm 0,40^a$	$7,10 \pm 0,10^a$	$6,47 \pm 0,30^a$
Sabor	$6,90 \pm 0,10^a$	$7,54 \pm 0,50^a$	$6,10 \pm 0,20^b$
Textura	$6,50 \pm 0,00^b$	$7,46 \pm 0,35^a$	$6,57 \pm 0,30^b$
Impressão geral	$6,90 \pm 0,36^a$	$7,47 \pm 0,15^a$	$6,73 \pm 0,55^a$
Intenção de compra	$3,90 \pm 0,10^a$	$4,13 \pm 0,05^a$	$3,20 \pm 0,20^b$

*Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Fonte: Laboratório de Análise de Alimentos, IFPI.

Na tabela 4, verificou-se que a maioria das respostas dadas pelos provadores, para a formulação FB₅, para os atributos testados, foram superiores a 7 “gostei moderadamente”, indicando boa aceitação da pizza sabor portuguesa com substituição de 5% da farinha de trigo.

Para os atributos aparência e sabor as formulações FB₀ e FB₅, obtiveram maiores médias e não apresentaram diferença estatística ao nível de 5% de significância, pelo teste de tukey. Os provadores avaliaram com maior média à formulação FB₅, no atributo textura, o que diferiu das demais formulações.

Com relação, aos atributos aroma e impressão geral, observou-se que as amostras controle (FB₀) e adicionada de 5 % (FB₅) de sementes de goiaba em pó não apresentaram diferença entre si ($p > 0,05$), porém a formulação FB₅ apresentou média superior ($7,47 \pm 0,15$), em relação ao controle, o que representa uma resposta na escala hedônica de “gostei moderadamente”. Russo et al. (2012) avaliaram a aceitabilidade sensorial de massa de pizza acrescida de farinhas de trigo integral e de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) entre adolescentes e comprovou que a adição de até 5,0% de farinha de linhaça em massa de

pizza foi melhor aceita pelos provadores dentre aqueles contendo este ingrediente, obtendo-se aceitação sensorial semelhante ao produto padrão.

Para o teste de intenção de compra percebeu-se que o produto elaborado com substituição de 5% da farinha de trigo pela sementes de goiaba em pó obteve uma boa aceitação por parte dos provadores, uma vez que sua média foi de $4,13 \pm 0,05$ e diferiu estatisticamente das demais médias, indicando que o consumidor “provavelmente compraria”, o que pode representar boas vendas deste produto.

Uma análise mais detalhada dos dados gerados pela análise sensorial revelou o grau de aceitação dos bolos doces e pizzas sabor portuguesa acrescidos de sementes de goiaba em pó. Os resultados obtidos para a aceitação dos produtos elaborados, tanto da formulação A quanto da formulação B, estão apresentados na figura 3.

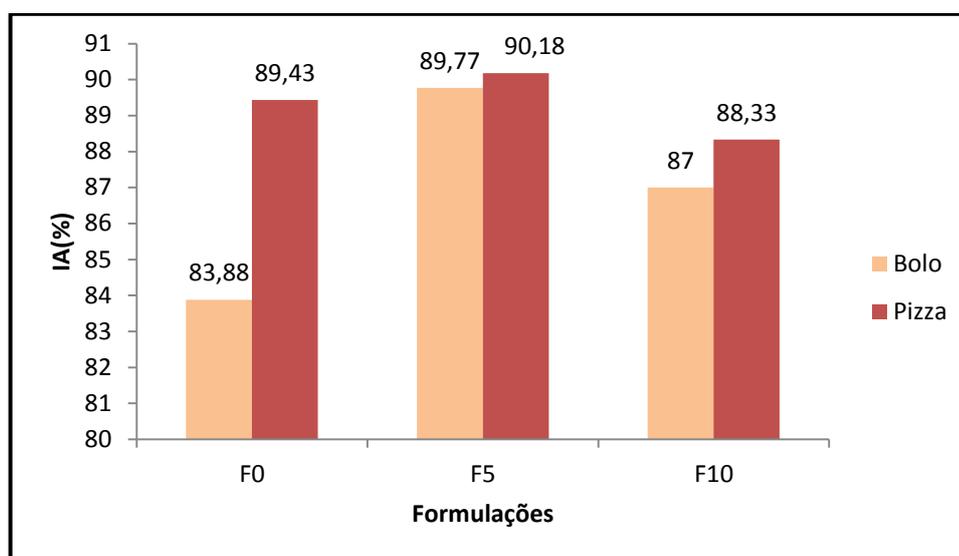


Figura 3: Aceitabilidade quanto aos atributos avaliados no bolo doce e pizza sabor portuguesa. F0: controle; F5: substituição de 5% da farinha de trigo; e F10: substituição de 10% da farinha de trigo.

Segundo Souza (2007), um alimento com mais de 70% de aprovação indica boa aceitação. Sendo assim, todas as formulações, tanto de bolo doce quanto de pizza sabor portuguesa, obtiveram percentuais acima deste valor. De acordo com a Figura 3, os provadores avaliaram que a formulação que substituiu em 5% a farinha de trigo pela sementes de goiaba em pó, foi a que apresentou maior aceitabilidade, tanto para bolo doce quanto pizza sabor portuguesa, chegando a um percentual de aproximadamente 90%. Medeiros et al. (2012), ao analisar sensorialmente trufa de caju obteve um índice de aceitação superior à 50%, chegando a 72% no atributo textura.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados permitiu comprovar que a substituição de 5% e 10% de farinha de trigo pela sementes de goiaba em pó na massa do bolo doce e na pizza sabor portuguesa apresentaram melhor aceitabilidade pelos provadores, obtendo-se aceitação sensorial melhor do que ao produto controle. Em geral, a adição de sementes de goiaba em pó é uma alternativa viável para evitar o desperdício, agregar valor econômico à produção de polpa congelada de frutas, tendo em vista que esta atividade gera grandes resíduos que ainda são pouco explorados industrialmente, e agregar benefícios nutricionais em produtos de panificação.

O desenvolvimento de novos produtos com boa aceitabilidade por parte dos consumidores e com altas expectativas de aceitação no mercado, como bolo doce e pizza sabor portuguesa, demonstram a possibilidade de reaproveitamento de partes de frutas que eram desperdiçados pela agroindústria de frutos, contribuindo também para a minimização do impacto ao meio ambiente.

Agradecimentos

Ao CNPq / Capes pelo apoio financeiro, à indústria produtora de polpa de fruta (Nutri Vita) pelo fornecimento dos resíduos de goiaba e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Heloísa Poll...[et al]. Editora Gazeta Santa Cruz Ltda. Santa Cruz do Sul. 136p. 2013.
2. BRITO, C.A.K. de., SIQUEIRA, P.B., SOUZA, J.C. de., BOLINI, H.M.A. *In vitro* antioxidant capacity, phenolic, ascorbic acid and lycopene content of guava (*psidium guajava* l.) juices and nectars. B.CEPPA, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 175-182, jul./dez. 2009.
3. FONTANARI, G.G., JACON, M.C., PASTRE, I.A., FERTONANI, F.L., NEVES, V.A., BATISTUTI, J.P. Isolado protéico de semente de goiaba (*Psidium guajava*): caracterização de propriedades funcionais. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, 27(supl.): 73-79, ago. 2007.
4. FERREIRA, S.A.N. Biometria de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Acta Amazonica*, Manaus, v.22, n.3, p.295-302, 1992.
5. ISHIMOTO, F.Y., HARADA, A.I., BRANCO, I.G., CONCEIÇÃO, W.A.S., COUTINHO, M.R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passifora edulis* f. var. *favicarpa* Deg.) para produção de biscoitos. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 279-292, 2007.
6. LIMA, R.K., CARDOSO, M. das G., ANDRADE, M.A., NASCIMENTO, E.A., MORAIS, S.A.L. de., NELSON, D.L. Composition of the essential oil from the leaves of tree domestic varieties and one wild variety of the guava plant (*Psidium guajava* L., Myrtaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, São Paulo, 20(1): 41-44, Jan./Mar. 2010.
7. LIMA, C.C. Aplicação das farinhas de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) e maracujá (*Passifora edulis* Sims f. *favicarpa* Deg.) no processamento de pães com propriedades funcionais. Fortaleza, 2007. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2007.
8. MARTIN, J.G.P., MATTA JÚNIOR, M.D. de., ALMEIDA, M.A. de., SANTOS, T. dos., SPOTO, M.H.F. Avaliação sensorial de bolo com resíduo de casca de abacaxi para suplementação do teor de fibras. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.14, n.3, p.281-287, 2012.
9. M. J. M. MEDEIROS, M.J.M., SILVA, J.F., FAUSTINO, M.V.S., SANTOS, M.F.G., L. C S. ROCHA, L.C.S., CARNEIRO, L.C. Aceitação sensorial e qualidade microbiológica de trufas de caju obtidas artesanalmente. HOLOS, Natal- RN, Ano 28, Vol 2, 2012.
10. MELO, P.B. Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustrial. Piracicaba, 2010. Dissertação de Mestrado em Ciências. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, 2010.
11. MERCADANTE, A.Z. Chromatographic separation of carotenoids. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, v.49, p. 52-57, 1999.

12. NASSU, R.T. Análise Sensorial de Carne: Conceitos e Recomendações. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 7 p. (Comunicado Técnico - Embrapa Pecuária Sudeste, n. 79).
13. PESSOA, T., AMARAL, D.S., DUARTE, M.E.M., CAVALCANTI MATA, M.E.R.M., GURJÃO, F.F. Avaliação sensorial de goiabas passas obtida por técnicas combinadas de desidratação osmótica e secagem. HOLOS, Ano 27, Vol 4, p. 137-147, 2011.
14. PIOVESANA, A., BUENO, M.M., KLAJN, V.M. Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 16, n. 1, p. 68-72, jan./mar. 2013.
15. PERYAM, D.R., PILGRIM, F.J. Hedonic scale method of measuring food preferences. Food Technology, v. 11, n. 9, p. 9-14, 1957.
16. PRADO, A. Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais. Dissertação de Mestrado em Ciências. Piracicaba, 2009. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
17. REBOUÇAS, E.R., GENTIL, D.F. de O., FERREIRA, S.A. do N. Caracterização física de frutos e sementes de goiaba-da-costa-rica, produzidos em Manaus, Amazonas. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 546-548, Junho 2008.
18. ROBERTO, B.S. Resíduo de goiaba: metabolismo em ratos e aplicabilidade em barra de cereais. Santa Maria, 2012. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2012.
19. RUSSO, C.B., SOSTISSO, C.F., PASQUAL, I.N., NOVELLO, D., DALLA SANTA, H.S., BATISTA, M.G. Aceitabilidade sensorial de massa de pizza acrescida de farinhas de trigo integral e de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) entre adolescentes. Rev Inst Adolfo Lutz, 71(3):488-94, 2012.
20. SAS (Statistical Analysis System) for Windows, Version 9.2, USA: Microsoft Corporation, 2008. CD-ROM.
21. SILVA, M.A.A.P. Métodos de avaliação sensorial de alimentos. Apostila: Escola de extensão da UNICAMP, 1997, 71p.
22. SOUSA, B.A.A. Funcionalidade dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semi-sólido de resíduos de abacaxi (*Ananas comosus* L.) e goiaba (*Psidium guajava* L.). Natal, 2009. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009.
23. SOUSA, C.M. de M., SILVA, H.R., VIEIRA JÚNIOR, G.M., AYRES, M.C.C., SOUSA, M.S.B., VIEIRA, L.M., SILVA, M. de J.M da., LIMA, A de. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. Ciênc Agrotec, Lavras, v. 35, n. 3, p. 554-559, mai/jun, 2011.
24. SOUZA, P.D.J., NOVELLO, D., ALMEIDA, J.M., QUINTILIANO, D.A. Análise sensorial e nutricional de torta salgada elaborada através do aproveitamento alternativo de talos e cascas de hortaliças. Alimento e Nutrição, Araraquara v.18, n.1, p.55-60, 2007.
25. TEIXEIRA, E., MEINERT, E.M., BARBETTA, P.A. Análise sensorial de alimentos. Florianópolis: Ed. UFSC, 1987. 180p.
26. TREPTOW, R.O., QUEIROZ, M.I., ANTUNES, P.L. Preferência e Aceitação de Fatias Desidratadas de Maçãs (*Malus domestica* Borkh). Revista Brasileira de Agrociência. V. 4, n. 1, p. 41-46, 1998.
27. ZANATTA, C.L., ZOTARELLI, M.F., CLEMENTE, E. Peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 26, n. 3, p. 705-708, jul./set, 2006.

CAPITULO III

**Chemical composition, fatty acid profile and bioactive compounds
of the guava seed (*Psidium guajava* L.).**

Paper aceito para publicação na revista Food Science and Technology

Chemical composition, fatty acid profile and bioactive compounds of the guava seed (*Psidium guajava* L.).

*Ana Maria Athayde Uchôa Thomaz. anamaria.uchoa@gmail.com. Uchôa-Thomaz, A.M.A¹. Eldina Castro Sousa. eldinasousa@hotmail.com. Sousa, E.C¹. José Osvaldo Beserra Carioca. carioca@ufc.br. Carioca, J.O.B². Selene Maia de Morais. selene.morais@uece.br. Morais, S.M³. Alessandro de Lima. alessandro@ifpi.edu.br. Lima, A¹. Clécio Galvão Martins. cleciogalvao@hotmail.com. Martins, C.G³. Cristiane Duarte Alexandrino. cris_ufc2@yahoo.com.br. Alexandrino, C.D³. Pablito Augusto Travassos Ferreira. pablitoatf@yahoo.com.br. Ferreira, P.A.T³. Ana Livya Moreira Rodrigues. lyvia_rodrigues@hotmail.com. Rodrigues, A.L.M³. Suliane Praciano Rodrigues. sulianeppraciano@yahoo.com.br. Rodrigues, S.P³. José Celso de Albuquerque Thomaz. celsoze@yahoo.com.br. Thomaz, J. C. de A¹. Jurandy do Nascimento Silva. jurandy@ifpi.edu.br. Silva, J.do.N¹. Larissa Lages Rodrigues. larisages@hotmail.com. Rodrigues, L.L¹.

¹Federal Institute of Education, Science and Technology of Piauí (IFPI). Teresina South Campus. Laboratory of Food Analysis. Av. Pedro Freitas, 1020, São Pedro, P.O. Box 64.000-040, Teresina, Piauí, Brazil.

²Federal University of Ceará (UFC). Technological Development Park (PADETEC). Pici Campus. Av. Contorno, S/N, Bloc 310, P.O. Box 60440-593, Fortaleza, Ceará, Brazil.

³State University of Ceará (UECE). Laboratory of Chemistry of Natural Products. Itaperi Campus. Av. Paranjana, 1700, P.O. Box 60714-903, Fortaleza, Ceará, Brazil.

***Correspondence to:** Ana Maria Athayde Uchôa Thomaz. Address: Isabel Elisa de oliveira, 755. São Judas Tadeu. P.O. Box 64206-340. Parnaíba, Piauí, Brazil. Telephone: + 55 (86) 3322-2351. Fax: + 55 (86) 3211-6765. E-mail: anamaria.uchoa@gmail.com

Abstract

This study aimed to characterize the chemical composition, determine the fatty acid profile and quantify the bioactive compounds present in the guava seed powder (*Psidium guajava* L.). The powder was prepared from seed obtained from processing guava pulp. The agro-industrial seeds were red guava cv. paluma and they were donated by producing frozen pulp fruit industry. Their composition contains varying amounts of macronutrients and micronutrients, with a high content of total dietary fiber (63.94 g/100g), protein (11.19 g/100g), iron (13.8 mg/100g), zinc (3.31 mg/100g) and reduced calorie content (182 kcal/100g). The lipid profile showed a predominance of unsaturated fatty acids (87.06%), especially linoleic acid (n6) and oleic acid (n9). The powder which was obtained contained significant amounts of bioactive compounds such as ascorbic acid (87.44 mg/100g), total carotenoids (1.25 mg/100 g) and insoluble dietary fiber (63.55 g/100g). Regarding the

microbiological quality and toxicity when employed against *Artemia salina* sp, the sample was found to be suitable for consumption. Based on these results it can be concluded that the powder produced has favorable attributes for industrial use, and that use of these seeds would be a viable alternative to combat various diseases and malnutrition in our country, and reduce the environmental impact of agricultural waste.

Key words: guava seeds (*Psidium guajava* L.); chemical composition; fatty acid; bioactive compounds; *Artemia salina* sp; Microbiological quality.

1. Introduction

Brazil has established itself as the third largest producer of fruits after China and India (FAO, 2010; MAPA, 2012). According to the Brazilian Fruit Institute – IBRAF (2013), in 2012 the production of fresh fruit in Brazil, was 43,598 million tons. 427,314 tons were imported and 693,020 tons were exported. 22,906,000 tons of fresh fruits were consumed and 20,692,000 tons of fruit were processed. In the same year, 9,162,000 tons of fruit went to waste and per capita consumption was 78.84 kg/habitant/year.

Worldwide, millions of tons of waste from agro-industrial activities are generated. Some of it is utilized as animal feed or used in the fields, however, most is still discarded without treatment, causing damage to the environment. In addition, the destination of this waste, as is currently practiced, causes economic deficit in the supply chain, since a substantial part is rich in bioactive compounds, some capable of combating the oxidative damage caused by free radicals (MELO et al., 2011; OMENA et al., 2012).

In this scenario the guava is particularly important, a fruit widely grown in tropical and subtropical regions. The major producers of guava are South Africa, India, Hawaii, Colombia, Puerto Rico, Jamaica and Brazil. This fruit is currently gaining visibility in agro business, because of the fruit's characteristics such as flavor, appearance and functional nutrients that generate health. Guava can be consumed in various processed forms, such as jellies, jams and juices (McCook-RUSSELL et al., 2012). It is particularly rich in minerals and functional compounds such as vitamin C, dietary fiber, carotenoids and phenolic compounds (CORRÊA et al., 2011; OSÓRIO; FORERO; CARRIAZO, 2011; USMAN et al., 2013).

In the production of guava fruit pulp, after processing, one obtains a residue composed mainly of pulp and seed in the proportion of 4% to 12% of the total mass of the fruit. It is estimated that about 202 tons of guava are processed each year by industry in Brazil, which corresponds to approximately 12 tons of waste that are discharged into the environment. However, this discarded waste has become an environmental problem for fruit processing industries (FONTANARI et al., 2008). As these wastes are characterized as polluting

potential, alternatives for reducing the amount of these are of great importance. Consequently there have been efforts to develop new food products and the extraction of bioactive compounds from these products, thus increasing the options for reuse and recovery of waste (AGHAJANZADEH-GOLSHANI et al., 2010). Several studies on the composition of fruits and waste in Brazilian agro-industry have been conducted with the aim to see if they are properly harnessed. To add value to them, it is necessary to know their constituents, through scientific and technological research (VIEIRA et al., 2009; SOUSA; VIEIRA; LIMA, 2011).

Considering the increase in waste arising from the processing of tropical fruits, and the attempt to minimize the environmental impact caused by the accumulation of agro-industrial waste, this study aimed to characterize the chemical composition, determine the fatty acid profile and quantify the bioactive compounds present in guava seed powder (*Psidium guajava* L.).

2. Materials and Methods

2.1 Obtaining Waste, Processing and Preparation of Powder.

The waste (seeds) agro-industrial of the guava (*Psidium guajava*) cv. Paluma were donated by an industry that produces frozen pulp fruit (Nutri Vita), located in the city of Teresina, Piauí, Brazil. Samples were collected on different production dates (April 2011 and May 2012). The seeds were taken directly from the production line, after the frozen guava fruit pulp had been processed, and immediately transported in an isothermal box to the Food Laboratory, Federal Institute of Science and Technology of Piauí - IFPI. Upon arrival, they were stored in polyethylene bags in a freezer at a temperature of -18°C . The seeds were dried in an air circulation oven (Tecnal, model TE-394 /L) at 60°C for approximately 16 hours. After dehydration, the seeds were triturated using a domestic blender (Walita) and a powder was obtained and sieved using a set of seven sieves (10, 30, 40, 60, 80, 100, and 200 mesh corresponding to openings: 2, 0.60, 0.42, 0.25, 0.18, 0.15, and 0.075 mm, respectively). The powder was packed in lidded polyethylene bottles until analysis. The powder was then subjected to chemical analysis for determination of chemical composition, bioactive compounds, minerals, fatty acid profile and microbiological quality. Subsequently, from the powder obtained, extractions using different solvents were performed and the extracts were subjected to toxicological analysis.

2.2 Chemical Analysis.

2.2.1 Acidity, pH, Moisture and Ash.

Acidity was determined by titration with 0.1 N NaOH, and the results were expressed in grams of citric acid/100g. The pH was determined by direct reading on the potentiometer,

(MS Tecnopeon, model mPA210) calibrated in buffer solutions of pH 4.0 and 7.0. Moisture determination was performed by drying the sample in an air circulation oven (Tecnal, model TE-394 /L) at 105°C to constant weight. Humidity was calculated by measuring the difference in the mass of the sample before and after drying, and the result was expressed in percentage of moisture. Ash was determined by incineration in a furnace at 550°C until constant weight. These analyses were performed in triplicate according to the method described by the Adolfo Lutz Institute (BRASIL, 2008).

2.2.2 Lipids, Protein, Total Dietary Fiber and Total Carbohydrate.

Lipids were obtained by means of Soxhlet extraction using hexane as solvent oil under reflux for six hours, according to the analytical standards of the Adolfo Lutz Institute (BRASIL, 2008). Protein was determined by using the micro-Kjeldahl method. The conversion factor of 6.25 was used to convert nitrogen into protein, as recommended by the Association of Official Analytical Chemistry (1995). Total dietary fiber was obtained by adding the soluble and insoluble fractions, according to the enzymatic-gravimetric method of Prosky et al., (1984). The determination of total carbohydrate was determined by the difference method: $100 - (\text{weight in grams} [\text{moisture} + \text{ash} + \text{protein} + \text{total fat} + \text{total dietary fiber in 100 g of food}])$.

2.2.3 Pectin, Fructose and Starch.

Pectin was determined following the Pearson method (PEARSON, 1976) and consisted of the neutralization of the overall charge of free uronic acid residues by calcium ions causing gelation and precipitation of pectin. The results were expressed in grams of calcium pectate per 100g of sample. The amount of sugar fructose was determined according to the method of Feinberg & Burgner (1992) based on the extraction of sugars from an aqueous medium and determining the levels of this sugar by high performance liquid chromatography. The amount of starch was determined according to the method of Diemair (1963) where a known amount of starch solubilized and determined the optical rotation of starch and sugars present.

2.2.4 Total Energetic Value.

The total energy was calculated based on the energy nutrient results obtained using the conversion factors of Atwater, as described by Osborne & Voogt (1978), considering 4 kcal/g for carbohydrate, 4 kcal/g for protein, and 9 kcal/g for lipids.

2.3 Determination of Minerals.

The analyses of minerals were performed at the Laboratory of Water and Soil of the EMBRAPA (Brazilian Agricultural Research Corporation – Tropical Agroindustry), in Fortaleza, Ceará, Brazil. Initially, nitric perchloric acid digestion of the sample was

performed. The minerals calcium (Ca), magnesium (Mg), iron (Fe), zinc (Zn), and manganese (Mn) were determined by atomic absorption spectrophotometry using a Perkin Elmer Analyst 300 spectrophotometer. The minerals Sodium (Na) and potassium (K) were determined by flame photometry using a flame photometer (Digimed, DM62). Phosphorus (P) and sulfur (S) were determined using a spectrophotometer at a wavelength of 660nm for phosphorus and 420nm for sulfur. All determinations of these minerals followed the method described by Silva (1999) and were performed in triplicate.

2.4 Fatty acid composition (GC/MS analysis)

The lipid fraction was initially subjected to esterification of fatty acids, where they were converted to fatty acid methyl esters (FAMES) using the method described by Hartman & Lago (1973). The analysis of FAMES was performed in a apparatus of gas chromatograph with a flame ionization detector (CGDIC), manufacturer *Shimadzu*, Model GC2010, with capillary column SP2560 of stationary phase bis(cianopropil) polydimethylsiloxane (100 m × 0.25mm, df 0:20 m; Supelco Bellefonte, PA). The injection mode used was of the flow division (1:50) and hydrogen carrier gas with constant flow of 1.5 mL min⁻¹. The temperatures of the injector and detector were both 220°C. The programming of the oven chromatographic was carried out as follows: initial column temperature 80°C, rising with a heating ramp of 11°C min⁻¹ to 180°C and rising up on a ramp of 5°C min⁻¹ to 220°C, keeping it at this temperature for 19 minutes. The identification of the peaks in the chromatogram was performed by comparison of their retention indices with those of known compounds of a fatty acid standard solution previously injected following the same methodology. The contribution of each compound in the mixture is given by the relative area (%) of its respective peak in the chromatogram.

2.5 Bioactive Compounds.

2.5.1 Dietary Fiber Soluble and Insoluble

The values of soluble dietary fiber (SDF) and insoluble dietary fiber (IDF) were obtained by the enzymatic-gravimetric method according to Prosky et al., (1992). The samples were subjected to the action of α -amylase (*Sigma* A-5426) and subsequently protease (*Sigma* P-3910) and amyloglucosidase (*Sigma* A-9913). Based on this hydrolysate, the insoluble fiber content was determined by washing in water and acetone and the soluble fiber obtained from the filtrate by precipitation with ethanol 98% and filtration with ethanol and acetone.

2.5.2 Vitamin C

The content of vitamin C was determined according to the method described by Pearson & Cox (1976), which is based on the reduction of 2,6-dichlorophenol indophenol sodium (ITD) by ascorbic acid. The result was expressed in milligrams of ascorbic acid/100g sample.

2.5.3 Total Carotenoids

The determination of carotenoids was determined according to the method described by Higby (1962), the extraction was performed using an extraction solution of isopropyl alcohol: hexane (3:1). The reading was performed in a spectrophotometer (Coleman 33 D) at 450 nm. The result was expressed as mg carotenóide/100g sample and calculated by the formula: Carotenoids = $(A \times 100) / (250 \times L \times W)$, where: A = absorbance; L = width of the cuvette in cm, and W = the quotient between the original sample weight in grams and the final volume of dilution in ml.

2.6 Microbiological Analysis.

The microbiological quality of the samples was determined by counting standard Coliforms at 45°C, *Bacillus cereus*, and *Salmonella*, according to the method described by the American Public Health Association (APHA, 2002) and Silva; Junqueira; Silveira (2001). The results were compared with the standards of the Resolution No. 12, dated January 2, 2001, from the National Agency for Sanitary Surveillance in Brazil, which sets standards for the microbiological quality of the flour group: pasta, bakery products and similar products; and starch subgroup: flours, and powdered or flaked starch and cornmeal (BRASIL, 2001).

2.7 Toxic Potential using *Artemia salina* sp.

2.7.1 Preparation of Extracts

From the guava seed powder, extraction was performed using different solvents using the Soxhlet apparatus as described by the Adolfo Lutz Institute (BRASIL, 2008). For the extraction, the following solvents were used, hexane (non-polar), ethanol, acetone, and methanol (polar) to obtain a water-soluble extract without interference. The extraction was controlled for 6h at 60°C. The material extracted was concentrated under vacuum using a rotary evaporator (Fisatom, model 801) at a temperature of 50°C. After the process, the extracts were subjected to a thermostatic bath at a temperature of 60°C until there was no trace of solvent. The extracts were stored with protection from light in glass containers until the analysis.

2.7.2 Toxic Potential

The toxic potential of the extracts was determined using the larvae of *Artemia salina* sp. according to the method described by Meyer et al., (1982) and McLaughlin; Chang; Smith (1991). The eggs of *Artemia salina* sp. were hydrated in an aquarium containing synthetic

saline water adapted to 12 ppm in ambient temperature around 25°C. After a period of time of approximately 48 hours, the eggs hatched and produced larvae, which were collected for bioassays. The dilutions of ethanol, acetone, and methanol extracts and a blank test were conducted in synthetic saline, 0.5 mL of dimethyl sulfoxide concentration (DMSO), to which ten larvae were added in 50 mL plastic cups. For the negative control, larvae were kept only in synthetic saline. After 24 hours incubation, living and dead larvae were counted to calculate survival percentage, which was used to determine the LC₅₀ (lethal concentration for 50% of larvae).

2.8 Statistical Analysis

Analyses were carried out in triplicate. All results were expressed as means ± standard deviation (SD) using the software Origin® for Windows, version 7.0 (ORIGIN LAB, 2002).

3.0 Results and Discussion

3.1 Characterization of guava seed powder

Next, the pomace was put through a sieve using five different mesh openings, standardized to the powder particle size between 0.42 mm and 0.60 mm in diameter. In relation to output taking into account the wet sample, one can observe a yield of approximately 54%. In fruits of other Myrtaceae, such as pear-guava (*Psidium acutangulum*) and guava-boi (*Eugenia stipitata*) the yield was 55.01% and 63%, respectively (FERREIRA, 1992; REBOUÇAS; GENTIL; FERREIRA, 2008). The good yield of powder obtained from waste guava can be attributed to the large numbers of seeds in its composition.

3.2 Physicochemical characterization

The results of the physicochemical analyses are shown in table 1. Acidity is an important parameter in assessing the conservation status of a food product. The acidity value found in the powder was 2.18 ± 0.08g of citric acid/100g. This value is higher than that found by Uchôa et al., (2008), who obtained a value of 1.21±0.16 g of citric acid/100g for powder obtained from guava seed. Variations in results can be explained by factors such as the variety and ripeness of the fruit studied. The pH value found in this study was 4.30 ± 0.03. This pH value is below or very close to 4.5 (value that limits the development of micro-organisms) and, thus, can be classified as an acid product and consequently relatively impervious to microbial attack. Marquina et al., (2008) studied the chemical composition of the pulp and peel of the guava and encountered pH values of 4.1 and 3.9, respectively.

Table 1. Physicochemical characterization of powder produced from the seed obtained from processing guava fruit pulp (*Psidium guajava* L.).

Parameters (% dry basis)	Results (mean ±SD)
--------------------------	--------------------

Moisture (g/100g)	6.68 ± 0.00
Ash (g/100g)	1.18 ± 0.02
Total Lipids (g/100g)	13.93 ± 0.03
Protein (g/100g)	11.19 ± 0.28
Carbohydrate (g/100g)	3.08
Pectin (g/100g)	0.58 ± 0.01
Fructose (g/100g)	0.29 ± 0.01
Starch (g/100g)	0.17 ± 0.00
Total Dietary Fiber (g/100g)	63.94 ± 0.10
Total Calories (Kcal/100g)	182

The moisture values found in this study are lower than those found by Fontanari et al., (2008) who obtained a moisture value of 8.3 ± 0.03 g/100g for guava seed flour. According to Resolution No. 263, dated 2005, 22 September, the National Agency for Sanitary Vigilance, the maximum value of moisture for flours should be 15% (BRASIL, 2005). The analysis of the ash found a value of 1.18 ± 0.02 g/100g. This is similar to that found by other authors, such Martinez et al., (2012) who determined an ash content of 2.4 ± 0.10 g/100 g for guava. McCook-Russell et al., (2012) comparing the nutritional composition of fruits of Jamaica, found ash values of 3.12 ± 0.03 g/100g for the common guava and 3.05 ± 0.01 g/100g for the araçá, a fruit of the same genus

Observing the results of lipid analysis, shown in table 1, the results presented in this study approximate the results presented by Silva et al., (2009) of 11.71 g/100g for the guava seed on a dry basis. Fontanari et al., (2007) reported that the seed protein has functional properties similar to other seeds which are being used as food ingredients and may be an alternative source of protein for future use in processed foods. Comparing the values found in protein analysis, it was shown that the protein content of the powder obtained from guava seed was 11.19 ± 0.28 g/100g (table 1). Fontanari et al., (2008) obtained value of 9.2 ± 0.10 g/100g protein to study protein isolated from the seed of guava (*Psidium guajava* L.). Typically, the fruits are considered rich in reducing sugars (glucose and fructose), and this measurement is important to evaluate the potential of the fermentation product. A fructose content of 0.29 ± 0.01 g/100g (table 1) was found in the guava seed powder. The higher levels of total pectin are important for postharvest since pectins influence the texture of the fruit and its conservation. The total pectin values found in this study are lower than those found by Osorio; Forero; Carriazo (2011) who obtained total pectin value of 1.52 ± 0.01 g/100g for mashed guava (wet basis).

According to the technical regulation concerning the disclosure of nutritional supplement (Ordinance No. 27) from 13/01/1998 of ANVISA-MS, the food can be considered a source of dietary fiber when present in the finished product 3g/100g (integral basis) for solid foods and

1.5 g/100 mL (integral basis) for liquids, and double the content can be treated as food with a high level of dietary fiber (BRASIL, 1998). Fontanari et al., (2008) obtained value of 67.00g/100g for total dietary fiber in the flour obtained from guava seed. The results presented suggest that new products based on fibers obtained from residues of this fruit, can be formulated to prevent diseases, especially those related to the gastrointestinal tract and the cardiovascular system. Regarding caloric value, the powder obtained from guava seed, had a lower value than that found by Abud & Narain (2009), which showed values of 266.65 ± 1.73 Kcal/100g for flours obtained from guava residue. These data suggest that the flour produced from the seed obtained from processing waste from guava fruit pulp, which has a low calorific value, can be used as an ingredient in the food industry in order to add value and reduce the number of calories.

3.3 Minerals

According to the results of the mineral analysis shown in table 2 it is noted that the minerals iron and zinc were present in higher concentrations, and low sodium and magnesium concentrations were observed. Gondim et al., (2005) reported that magnesium and sulfur minerals are essential in many biological reactions. This study found lower values than those obtained by Uchôa et al., (2008), who, when evaluating the composition of minerals in seed of guava, obtained values of 0.19 mg/100g, for magnesium. The concentration of the mineral iron found in this study represents 92% of the recommended daily intake DRI for adults, which is 14 mg/day (BRASIL, 2005). However, it is important to remember that not all of the iron present in food is absorbed by the body, so we cannot state that the flour studied is rich in this mineral, because we need to check how much of this mineral our body can absorb. In the analysis of zinc concentration in the powder prepared from guava seed the value of 3.10 ± 2.52 mg/100g was obtained. This amount represents 20.7% of the recommended daily intake for adults, which is 15 mg/day (BRASIL, 2005).

Table 2. Composition of minerals in powder produced from the seed obtained from processing guava fruit pulp (*Psidium guajava* L.).

Minerals (mg/100g)	Results (mean \pm SD)
Calcium	0.05 \pm 0.14
Magnesium	0.13 \pm 0.02
Sulfur	0.09 \pm 0.27
Iron	13.8 \pm 2.95
Manganese	0.44 \pm 0.47
Zinc	3.31 \pm 2.52
Sodium	0.05 \pm 0.02
Potassium	0.20 \pm 0.02
Phosphorus	0.30 \pm 0.45

Importantly, the intake of the mineral sodium by the Brazilian population is often high due to the consumption of salty and processed foods. The amount of sodium in this study was considered low, since the World Health Organization (WHO, 2013) recommends an intake of less than 1.7 g/day of this mineral.

3.4 Fatty acid profile

The fatty acid lipid profile of the guava seed powder showed a predominance of unsaturated fatty acids (87,06%), especially linoleic acid (n6) and oleic acid (n9), 77,35% and 9,42%, respectively. Göktürk Baydar; Ozkan; Çetin (2007) when assessing the marc derived from four grape varieties found an average degree of unsaturation lower (86,42%) than that in our study. The high levels of unsaturation are highly relevant, since they have an important role in reducing blood cholesterol levels and also in the treatment of atherosclerosis (ROCKENBACH et al., 2010). The fatty acid stearic (4.48%) and fatty acid palmitic acid (8.00%) were the saturated fatty acids found in the largest quantities. Leite et al., (2009) in their analysis of lipids, found in the hexane extract of avocado seed, the percentages of palmitic acid (21.3%), palmitoleic acid (1.6%), stearic acid (2.2%), oleic acid (24.1%) and linoleic acid (27.6%).

Table 3. Percentage of fatty acid profile of powder produced from the seed obtained from processing guava fruit pulp (*Psidium guajava* L.).

Fatty acid	Nº Carbon	Average±SD
Lauric acid	(C12:0)	0.07±0.00
Myristic acid	(C14:0)	0.10±0.00
Palmitic Acid	(C16:0)	8.00±0.04
Heptadecanoic acid	(C17:0)	0.07±0.00
Stearic Acid	(C18:0)	4.48±0.17
Oleic Acid (n-9)	(C18:1)	9.42±0.26
Linoleic Acid (n-6)	(C18:2)	77.35±0.35
Arachidic acid	(C20:0)	0.12±0.00
Gondoic acid	(C20:1)	0.14±0.00
Linolenic acid	(C18:3)	0.15±0.00
Behenic acid	(C22:00)	0.10±0.00
Σ SFA ^a		12.94
Σ MUFA ^b		9.56
Σ PUFA ^c		77.5
PUFA/MUFA		8.11
Σ USFA ^d		87.06

The results are expressed as mean ± standard deviation for analysis in three replicates. ^a SFA= saturated fatty acids; ^b MUFA= monounsaturated fatty acids; ^c PUFA= polyunsaturated fatty acids; ^d USFA= unsaturated fatty acids; n-6= omega 6 fatty acid, n-9=omega 9 fatty acid.

In relation to general classification of the fatty acids (Table 3), it was found that the guava seed had the following sequence: PUFA (77.5%) >MUFA (9.56%) >SFA (12.94%).

The PUFA/SFA ratio in this work (8.11) was considered above the minimum recommended by HMSO (1994), which is equal to 0.45.

3.5 Bioactive compounds

From the results shown in table 4, one can observe an ascorbic acid content of 87.44 ± 1.70 mg/100g. By comparing the value found in the sample with the recommended daily intake (DRI) for adults (BRASIL, 2005) which is 45 mg/day, it can be stated that the sample can be considered a good source of this bioactive compound. Osorio; Forero; Carriazo (2011) obtained a value of 118.7 ± 0.10 mg/100g for the mashed guava, wet basis. The amount of carotenoids present in the powder sample obtained from the guava seed, was 1.25 ± 0.14 mg/100g. Corrêa et al., (2011), studied the antioxidant content in guava and araçá grown in different regions of Brazil, and obtained for guava a concentration of carotenoids totals ranging from 0.13 to 2.54 mg/100 g in white and red guava pulp, respectively. In the araçá, the fruit of the same kind, the carotenoids concentration was 0.73 mg/100g.

Table 4. Bioactive compounds of powder produced from the seed obtained from processing guava fruit pulp (*Psidium guajava* L.).

Bioactive Compounds	Results (mean \pm SD)
Vitamin C (mg ascorbic acid/100g)	87.44 ± 1.70
Carotenoids Totals (mg/100g)	1.25 ± 0.14
Soluble Dietary Fiber (g/100g)	0.39 ± 0.02
Insoluble Dietary Fiber (g/100g)	63.55 ± 0.12

The soluble dietary fiber fraction (SDF) consists of pectins, beta-glucans, gums, mucilages, and some hemicelluloses and may be found at higher concentration in the skin than in the seed of the fruit. According to table 4, a value was found which was lower than that found by Martínez et al., (2012) of 1.1 ± 0.09 and 0.6 ± 0.03 g/100g, for pineapple and guava flour, respectively. The powder obtained from guava seed are better sources of insoluble fiber than fractions of the seed and skin of the jaboticaba, a fruit belonging to the same family, which, according to Lima et al., (2008) has 26.93 and 26.43 g/100g, respectively. Ramírez & Delahaye (2009) determined values of insoluble fiber for guava and soursop of 54.65 ± 0.54 and 40.43 ± 0.00 g/100g, respectively.

3.6 Microbiological analysis

The results of microbiological analysis, shown in table 5, carried out on the powder produced from the seed obtained from processing guava pulp, shows that this is found suitable for consumption, which is consistent with the standards recommended by the Resolution No. 12 of January 2, 2001.

Table 5. Microbiological analysis of the powder produced from seeds obtained from processing guava fruit pulp (*Psidium guajava* L.).

Microorganism	Result	Tolerance *
<i>Salmonella</i> (25g)	Absent	Absent
Coliformes at 45° (NMP/g) ^a	3,6	10 ²
<i>Bacillos cereus</i> (UFC/g) ^b	< 100	3x 10 ³

*As RDC No. 12 of 02 January 2001, the National Agency of Sanitary Vigilance, for flour, pasta, and bakery products (processed and packaged) and similar (BRAZIL, 2001).

a MPN/g = Most Probable Number per gram

b CFU/g = Colony Forming Unit per gram

These results suggest that the powder obtained meets the sanitary conditions laid down by law, being satisfactory for human consumption, verifying that both the process for the extraction of fruit pulps and the process for the preparation of flour from waste guava were conducted in accordance with good manufacturing practices. This indicates that the flour obtained from guava residue may be suitable for the development of new food products.

3.7 Toxic potential using the larvae of *Artemia salina* sp.

In the toxicological assay against *Artemia salina* sp. it was found that all the extracts evaluated not showed no toxicity. Meyer et al., (1982), established a relationship between the degree of toxicity and median lethal dose, LC₅₀, presented by plant extracts against larvae of *Artemia salina* sp., these are considered nontoxic. Leite et al., (2009) found that hexane extract from avocado seeds showed toxicity to *Artemia salina* (LC₅₀ of 2,37mg/mL⁻¹). The absence of toxicity may be an advantage when considering a possible use of this extract in the development of new herbal medicines and for human use.

4. Conclusion

Based on these results it can be concluded that the powder produced from the seed obtained from the processing of frozen guava pulp has favorable attributes for industrial use. Its composition exhibits a high content of total dietary fiber, protein, iron, zinc and reduced calorie content. In addition, it can also be considered a potential source of bioactive compounds such as vitamin C, carotenoids, insoluble dietary fiber and unsaturated fatty acids, especially linoleic acid (n6) and oleic acid (n9). Therefore this can be used as an ingredient in the development of new food products, since it is suitable for human consumption. The utilization of these seeds would be a viable alternative to combat various diseases and malnutrition in our country, and reduce environmental contamination. It is suggested, however, that further studies should be conducted on this residue, to evaluate the presence of other bioactive compounds, for example, including the evaluation of the antioxidant activity and phenolic compounds in the seeds in this fruit.

Funding

The authors are grateful for the financial support provided by CNPq/CAPES (National Council for Scientific and Technological Development - Brazil) and FAPEPI (Background

Research Support PiauÍ), to the industry producing fruit pulp (Nutri Vita) and to EMBRAPA (Brazilian Agricultural Research Corporation – Tropical Agroindustry).

References

- ABUD, A. K de S.; & NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoito: uma alternativa de combate ao desperdício. **Braz J Food Technol**; Campinas, v. 12, n. 4, p. 257-265, out/dez, 2009.
- AGHAJANZADEH-GOLSHANI, A.; MAHERI-SIS, N.; MIRZAEI-AGHSAGHALI, A.; BARADARAN-HASANZADEH, A. Comparison of Nutritional Value of Tomato Pomace and Brewer's Grain for Ruminants Using *in vitro* Gas Production Technique. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 56, p. 126-134, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Produção de frutas**. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 09 abr 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Portaria nº 27 de 13/01/1998. Regulamento Técnico Referente à Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 16 Jan. 1998, Seção 2.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 10 jan. 2001, Seção 1.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 23 set. 2005, Seção 1, n. 184, p. 372.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução-RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 2005. Brasília, DF, 23 set. 2005, Seção 1, n. 184, p. 368-369.
- BRASIL. **Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos**/coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. 4ª edição, 1ª edição digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- FEINBERG, M.; & BURGNER, E. Determination of mono and disaccharides in foods by interlaboratory study. Quantification of Bias components for liquid chromatography. **Journal of AOAC International**, v.75, n.3, p.443-464, 1992.
- CORRÊA, L. C.; SANTOS, C. A.; VIANELLO, F.; LIMA, G. P. P. Antioxidant content in guava (*Psidium guajava*) and araçá (*Psidium* spp.) germplasm from different Brazilian regions. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization** v. 9 n. 3, p. 384–391, 2011.
- DIEMAIR, W. **Laboratoriumsbuch für Lebensmittelchemiker**. 8 aufl. Drisdien Verlag Von Theodor Steinkopff, 1963.
- DOWNES; ITO (Coord.). **American Public Health Association (APHA)**. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 1st ed. Washington, DC, 2002. 676p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Tropical fruits**. 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/006/y5143e/y5143e1a.htm>>. Acesso em: 26 jun 2012.

FERREIRA, S. A. N. Biometria de frutos de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh). **Acta Amazonica**, Manaus, v.22, n.3, p.295-302, 1992.

FONTANARI, G. G.; JACON, M. C.; PASTRE, I. A.; FERTONANI, F. L.; NEVES, V. A.; BATISTUTI, J. P. Isolado protéico de semente de goiaba (*Psidium guajava*): caracterização de propriedades funcionais. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 27(supl.): p. 73-79, ago. 2007.

FONTANARI, G. G.; JACO, M. C.; SOUZA, G. R.; BATISTUTI, J. P.; NEVES, V. A.; PASTRE, I. A.; FERTONANIM, F. L. DSC studies on protein isolate of guava seeds *Psidium guajava*. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 93, n. 2, p. 397–402, 2008.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Revista Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

GÖKTÜRK BAYDAR, N.; ÖZKAN, G.; ÇETIN, E. S. Characterization of grape seed and pomace oil extracts. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 58, n. 1, p. 29-33, 2007.

HARTMAN, L.; & LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acids methyl esters. **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-476, 1973.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natura and carotene – fortified orange juice. **J. Food Sci.**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

HOROWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th. ed. Washington, DC, AOAC, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF. **Frutas brasileiras em ascensão**. 2013 Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/imprensa/0901_frutasbrasileirasascensao.asp>. Acesso em: 10 jun 2013.

LEITE, G. J. J.; BRITO, E. H. S.; CORDEIRO, R. A.; BRILHANTE, R. S. N.; SIDRIM, J. J. C.; BERTINI, L. M.; MORAIS, S. M.; ROCHA, M. F. G. Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, n. 2, p. 110-113, 2009.

LIMA, A. J. B.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS-BARROS A. M. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Arch Latinoam. Nutr.**, v. 58, n. 4, p. 416-421, 2008.

MARQUINA, V. A. L.; RUÍZ, J.; RODRÍGUEZ-MALAYER, A.; VIT, P. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 58, n. 1, p. 57-60, 2008.

MARTÍNEZ, R.; TORRES, A.; MENESES, M. A.; FIGUEROA, J. G.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. **Food Chemistry**, v. 135, p.1520–1526, 2012.

McCOOK-RUSSELL, L. P.; NAIR, M. G.; FACEY, P. C.; BOWEN-FORBES, C. S. Nutritional and nutraceutical comparison of Jamaican *Psidium cattleianum* (strawberry guava) and *Psidium guajava* (common guava) fruits. **Food Chemistry**, v. 134, p. 1069–1073, 2012.

- McLAUGHLIN, J. L.; CHANG, C. J.; SMITH, D. L. Studies in natural products chemistry, Ed. Atta-ur-Rahman, **Elsevier Science Publishers B. V.**, Amsterdam, v. 9, p. 383-409, 1991.
- MELO, P. B.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M de. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.6, p.1088-1093, jun, 2011.
- MEYER, B. N.; FERRIGNI, N. R.; PUTNAM, L. B.; JACOBSEN, L. B.; NICHOLS, D. E.; McLAUGHLIN J. L. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **J Med Plant Res.**, v. 45, n. 31, p.4, 1982.
- OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. V. S.; RABELO, L. A.; MANO, C, M.; BECHARA, E, J, H.; SAWAYA, A. C.H.F.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. G. da.; FERREIRA, R. C. S.; SANT' ANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, n. 49, p. 334–344, 2012.
- Origin[®] for Windows, version 7.0, USA: **OriginLab Corporation**, 2002.
- OSBORNE, D. R.; & VOOGT, T. P. The analysis in nutriente of food. London: Acedmic, 1978.
- OSORIO, C.; FORERO, D. P.; CARRIAZO, J.G. Characterisation and performance as sessmen to f guava (*Psidium guajava* L.) microencapsulates obtained by spray-drying. **Food Research International**, n. 44, p.1174–1181, 2011.
- PEARSON, D. **The chemical analysis of food**. 7th ed. London. J &A. Churchili. 1976.
- PEARSON, D.; COX, H. E. **The chemical analysis of foods**. New York: Chem. Publ. 1976.
- PROSKY, L.; ASP, N.G.; FURDA, I.; DEVRIES, J.W.; SCHWEIZER, T.F.; HARLAND, B.F. Determiation of total dietary fiber in foods, food products and total diets: Interlaboratory Study. **Journal of The Association Official Analytical Chemists**, Arlingtton, v.67, n.6, p. 1044-1052, 1984.
- PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHWEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, I. Determiation of insoluble and soluble dietary fibers in foods, and food products. **Journal of The Association Official Analytical Chemists**. Arlingtton, v.75, n.12, p. 360-367, 1992.
- RAMÍREZ, A.; & DELAHAYE, E. P. de. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. **Interciência**, v. 34, n. 4, p. 28-32, Apr. 2009.
- REBOUÇAS, E. R.; GENTIL, D. F. de O.; FERREIRA, S. A. do N. Caracterização física de frutos e sementes de goiaba-da-costa-rica, produzidos em Manaus, Amazonas. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 546-548, Jun. 2008.
- ROCKENBACH, I.I.; RODRIGUES, E.; GONZAGA, L.V.; FETT, R. Composição de ácidos graxos de óleo de semente de uva (*Vitis vinifera* L. e *Vitis labrusca* L.). **Braz. J. Food Technol.**, v. 3, p. 23-26, 2010.
- SILVA, E. P.; SILVA, D. A. T. da.; RABELLO, C. B. V.; LIMA, R. B.; LIMA, M. B.; LUDKE, J. V. Composição físico-química e valor energético dos resíduos de goiaba e tomate para frangos de corte de crescimento lento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa – Minas Gerais, v. 38, n. 6, p. 1051-1058, jun. 2009.

- SILVA, F. C. **Manual de Análises Químicas de solos, plantas e fertilizantes** . 1ª. Ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência e Tecnologia, 1999, 370 p.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N. F. A. Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos. 2ª ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 229p.
- SOUSA, C. M. de M.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A de. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Braz. J. Food technol.**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 1-9, jul/set. 2011.
- UCHÔA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C., CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros Físico-Químicos, Teor de Fibra Bruta e Alimentar de Pós Alimentícios Obtidos de Resíduos de Frutas Tropicais. **Seg. Alim. Nutr.**, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.
- USMAN, M.; SAMAD, W. A.; FATIMA, B.; SHAH, M. H. Pollen Parent Enhances Fruit Size and Quality in Intervarietal Crosses in Guava (*Psidium guajava*). **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 15, n. 1, p.125–129, 2013.
- VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ J. H. de.; VIEIRA, B. C.; MENDES, F. Q.; BARBOSA, A. de A.; MULLER, E. S.; SANT'ANA, R. de C. O.; MORAES, G. H. K. de. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera indica* L.) Var. UBÁ. **Alim. Nutr.**, Araraquara. v.20, n.4, p. 617-623, out./dez. 2009.
- WHO - World Health Organization. **Review and updating of current WHO recommendations on salt/sodium and potassium consumption**. Geneva. 2013.

CAPÍTULO IV

Antioxidant activity evaluation and quantification of bioactive compounds by HPLC of the guava seed (*Psidium guajava* L.).

Antioxidant activity evaluation and quantification of bioactive compounds by HPLC of the guava seed (*Psidium guajava* L.).

Ana Maria Athayde Uchôa-Thomaz^{a,b,c,*}, Eldina Castro Sousa^{a,b,c}, José Osvaldo Bessera Carioca^{a,d}, Selene Maia de Moraes^{a,b}, Alessandro de Lima^c, Ícaro Gusmão Pinto Vieira^{bd}, Luzara de Matos Ribeiro^b, Pablito Augusto Travassos Ferreira^b, Clécio Galvão Martins^b, Cristiane Duarte Alexandrino^b, Ana Livya Moreira Rodrigues^b, Suliane Praciano Rodrigues^b, Halisson Araújo de Sousa^b, Hilton César Rodrigues Magalhães^e

^aNortheast Biotechnology Network, Doctoral degree in Biotechnology, Federal University of Ceara. Campus Pici. Avenue do Contorno, P. O. Box 60440-593, Fortaleza, Ceará, Brazil.

^bDepartment of Chemistry, Laboratory of Chemistry of Natural Products, State University of Ceará, Campus Itaperi. Avenue Paranjana, 1700, P. O. Box 60714-903, Fortaleza, Ceará, Brazil.

^cLaboratory of Food Analysis, Federal Institute of Education, Science and Technology of Piauí. Teresina South Campus Area. Avenue Pedro Freitas, 1020, Bairro: São Pedro, P. O. Box 64000-040, Teresina, Piauí, Brazil.

^dTechnological Development Park, Federal University of Ceara, Campus do Pici, P. O. Box 2977, Fortaleza, Ceará, Brazil

^eEmbrapa Tropical Agribusiness, Laboratory of Food Analysis, Avenue Dr^a Sara Mesquita, 2270, Pici, P.O. Box 60511-110, Fortaleza, Ceará, Brazil.

ABSTRACT

This study aimed to antioxidant activity evaluation and quantify bioactive compounds of guava seed powder. Acetone, ethanol and methanol extracts were used to quantify the levels of bioactive compounds, determine the antioxidant activity in different *in vitro* methods. It was quantified by high performance liquid chromatography (HPLC) the phenolic compounds in ethyl acetate extract. The results showed significant amounts of total carotenoids (1.25 mg/100 g) and lycopene (182 µg/100g). The acetone extract showed low antioxidant power, in the DPPH assay. In the autoxidation of β-caroteno/ linoleic acid system and Rancimat test, the ethanol extract (IC₅₀ 0.193 mg/mL and 6.41 h, respectively) showed antioxidant activity statistically similar to BHT. Of the phenolic compounds identified resveratrol and coumarin presented the highest concentration. Thus, it is concluded that guava seed powder can be considered a source of antioxidants. Its use to be incorporated in the food, pharmaceutical and nutraceutical industries.

keywords: Guava seed. Polyphenols. Spectrophotometry and HPLC analysis. oxidative stability index.

1. Introduction

The human body constantly produces free radicals, reactive oxygen species (ROS) such as superoxide anion ($O_2^{\bullet-}$), hydroxyl (OH^{\bullet}), peroxy (ROO^{\bullet}) and alkoxy radicals (RO^{\bullet}), hydrogen peroxide (H_2O_2) and singlet oxygen (1O_2) and reactive nitrogen species (RNS) through their metabolic activities. Despite being a normal process in the life of living organisms, when in excess, can generate oxidative stress (Sikora et al., 2008). To prevent the deleterious effects associated with excess of such reactive species, the body has antioxidant defenses (Apak et al., 2013). The antioxidants may be present in the body of enzymatic origin such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPx) and non-enzymatic, such as trace elements (zinc, copper, selenium), reduced glutathione (GSH), vitamins, pyruvate, beta carotene, lycopene, lutein, flavonoids and other plant-derived compounds, which mostly need to be acquired by the power supply (Silva et al., 2014).

Recent epidemiological studies have shown a close relationship between oxidative stress and the development of different diseases, such as inflammatory diseases, cancer, gastric ulcer, cardiovascular diseases, diabetes, hypertension and neurodegenerative diseases (Stangeland et al., 2009). Several phytochemicals found in vegetables, fruits and medicinal plants have increasing attention for its potential role in the prevention and treatment of these pathologies. They have been associated with a good health due to the presence of polyphenols, carotenoids, tocopherols, tocotrienols, ascorbic acid and various thiols (Contreras-Calderón et al., 2011; Omena et al., 2012).

The Myrtaceae family consists of at least 133 genera and over 3800 species. The *Psidium* genus comprises about 150 species, but only about twenty products commonly consumed fruits. The most widely cultivated species is the common guava (*Psidium guajava* L.) and other cultivated species include araçá (*Psidium cattleianum* Sabine), Brazilian guava (*Psidium Guinea* Sw.) and Costa Rica guava (*Psidium friedrichsthalianum* NDZ.) (Flores et al., 2013). The Guava (*Psidium guajava* L.) is very popular because of its delicious taste, high nutritional value and low price. Guava is rich in tannins, phenols, triterpenes, flavonoids, essential oils, saponins, carotenoids, lectins, vitamins and fatty acids. Guava fruit is higher in vitamin C than citrus (80 mg of vitamin C in 100 g of fruit) and contains appreciable amounts of vitamin A as well as a good source of pectin and dietary fiber (Vyas et al., 2010; Usman et al., 2013). The guava red pulp has various constituents such as carotenoids such as phytofluene, β -carotene, β -cryptoxanthin, γ carotene, lycopene, rubixanthin, cryptoflavin and lutein (Yuo et al., 2011) and phenolic compounds represented by tannins, quercetin, kaempferol, rutin, myricetin, apigenin, ellagic acid and anthocyanins (Verma et al., 2013.).

Studies report that the leaves and fruit of this plant has anti-oxidant, anti-inflammatory, anti-allergic effects active, antimicrobial, antispasmodic, hepatoprotective, antidiabetic, cardiovascular, anti-cough, and anticancer effects (Corrêa et al., 2011; Flores et al., 2013).

Many seasonal fruits are processed to make dry goods, juices, nectars, jams, generating a large amount of byproducts that can reach 50 % of the raw material. The main products of this transformation are the peel and seed. According to many authors byproducts are considered attractive sources of valuable bioactive components, due to their low cost and availability in large quantities for use as raw material for functional components. Further, the use of these by-products can reduce the cost of disposing the food industry (Arbos; Stevani; castanha, 2013; Martinez et al., 2012). Chemical compounds and metabolites of by-products of fruit, as well as bioactivities and bioavailability in relation to its potential impact on human health and diseases should be studied (Dembytsky et al., 2011; Contreras – Calderón et al., 2011).

A series of studies to determine the bioactive composition of tropical fruits have been reported (Pierson et al., 2012; Sousa et al., 2012), however, few studies have been conducted on the antioxidant activity, identification and quantification of individual phenolic compounds from by-products of tropical and subtropical fruits. Considering the benefits of the compounds in fruit byproducts presents few reports today. This study aimed to identify and quantify the major bioactive compounds and the antioxidant activity evaluation of the guava seed (*Psidium guajava* L.) in powder form.

2. Materials and Method

2.1. Chemical reagents

Butylated hydroxytoluene (BHT), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH), quercetin, folin-Ciocalteau, gallic acid, trolox and Tween[®] 40 were purchased from Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA), the reagents hexane, ethanol, me thanol, acetone, isopropyl alcohol, hplc grade, persulfato de potássio and ácido linoléico puro (C₁₈H₃₂O₂) were obtained from Vetec fine Chemical Ltda. (Xerém, RJ, Brazil). All other chemicals used were of analytical grade. Ácido tânico,β-caroteno, resveratrol, coumarin, standards and solvents used for HPLC analysis (acetonitrile and methanol) were obtained from Sigma Aldrich (Steinheim,Germany). All other chemicals used were of analytical grade.

2.2 Samples

The (seeds) agro-industrial of the red guava (*Psidium guajava*) cv. Paluma were ceded by an industry that produces frozen pulp fruit (Nutri Vita), located in the city of Teresina, Piauí, Brazil. Samples were collected at different production dates (April 2011 and May

2012). The residues were taken directly from the production line, after processing the frozen fruit pulp guava, and immediately transported in an isothermal box for the Food Laboratory, Federal Institute of Science and Technology of Piauí - IFPI. Upon arrival were stored in polyethylene bags in a freezer at -20°C until analysis.

2.3 Sample preparation and extraction

2.3.1 To determine the total carotenoids and lycopene

To the start the analyzes, the seed were thawed at an average temperature of 25°C. The seed was dried in an oven with air circulation, *Tecnal brand*, model TE-394 /L at a temperature of 60 °C for a period of approximately 16 hours (Brasil, 2008). The dried seed was triturated in a blender domestic *Walita* mark and obtained a powder. After dehydration, the seed was triturated in a mixer and then sieved to obtain a powder with a particle size ranging from 0,42 mm to 0,60 mm diameter. The powder was stored in polyethylene bottles and refrigerated until the time of analysis.

2.3.2 To determine the total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFOC), total tannins content (TTC), antioxidant activity, oxidative stability and quantification of phenolic compounds.

2.3.2.1 Preparation of extracts

With the powder produced from the seed obtained of processing waste of guava pulp, was performed extraction was performed using different solvents by the technique of extraction in a Soxhlet apparatus as described by the Brasil (2008). For the extraction, were used solvents, hexane (non-polar), ethanol, acetone and methanol (polar) in order to obtain a soluble extract in water without interference. The extraction was followed by 6h at 60°C. The extracted material was concentrated under vacuum on a rotary evaporator *Fisatom brand*, model 801 at a temperature of 50°C, 60rpm. After the process, the extracts were subjected to thermostatic bath at a temperature of 60°C until no trace of solvent.

2.4 Chemical Analysis

2.4.1 Totals Carotenoids and lycopene determination

The determination of carotenoids was performed according to Higby (1962), the extraction was performed using extraction solution of isopropyl alcohol: hexane (3:1). The reading was performed in a UV spectrophotometer (*Thermo Electron Corporation Biomate 5*) at 450 nm. Were performed in triplicate. The result was expressed as mg carotenoids/100g sample and calculated by the formula: $\text{Carotenoids} = (A \times 100) / (250 \times L \times W)$, where: A = absorbance; L = width of the cuvette in cm, and W = the quotient between the original sample weight in grams and the final volume of dilution in ml. Lycopene were extracted and

quantified according to the method described by Nagata and Yamashita (1992). Briefly, 1g of each freeze-dried sample was suspended in 10ml of extraction solution ((2:3) acetone: hexane) and mixed for 1 min. Samples were filtered (Whatman No.1) and spectrophotometric readings were obtained at 645, and 663 nm and results were expressed as μg of lycopene/100 g dry basis (d.b.).

2.4.2 Total extract yield

To determine the total yield of each extract, the following equation was used: (final weight of sample in grams/initial weight of sample in grams) x 100. The result was expressed in percentage, as described by Pansera et al. (2003).

2.4.3 Qualitative Phytochemical Analysis

The phytochemical screening was developed using the methodology described by Matos (1997), to determine the presence of flavonoids, anthocyanins, saponins, tannins, sterols, triterpenoids, fixed acids and alkaloids. The results were interpreted according to qualitative criteria of presence and or not detected.

2.4.4 Quantitative Analysis Phytochemistry

2.4.4.1 Total phenolics content (TPC)

Total phenolic content (TPC) was determined by the Folin–Ciocalteu colorimetric method (Singleton and Rossi, 1965). Briefly, the guava extracts were mixed with Folin Ciocalteu reagent, and sodium carbonate solution (15%) was added. The mixture was allowed to react at room temperature in the dark for 120 min, and then, the absorbance was measured at 715 nm in a UV spectrophotometer (*Thermo Electron Corporation Biomate 5*). The results were expressed as milligrams of gallic acid equivalents per gram of extract (mg GAE/g).

2.4.4.2 Total flavonoids content (TFOC)

The total flavonoid content (TFOC) was determined by reacting aluminum chloride, using the spectrophotometric method (Funari and Ferro, 2006). The TFOC was calculated from the curve standard of quercetin and all readings of each solution were realized at 425 nm in a UV spectrophotometer (*Thermo Electron Corporation Biomate 5*). The results were expressed as milligrams of quercetin equivalents per gram of extract (mg EQ/g).

2.4.4.3 Total tannins content (TTC)

The total tannins content (TTC) was determined by the Folin–Dennis colorimetric method (Siegler et al., 1986). The TTC was calculated from the curve standard of tannic acid and all readings of each solution were realized at 725 nm in a UV spectrophotometer (*Thermo Electron Corporation Biomate 5*). The results were expressed as milligrams of tannic acid equivalents per gram of extract (mg ETA/g).

2.4.5 Antioxidant activity *in vitro*

2.4.5.1 Sequestration capacity of radical DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil)

The capacity to scavenge the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical was monitored according to the method reported by Brand-Williams et al. (1995) and modified by Rufino et al. (2007). The diluted crude extract (0,1 mL) in different concentrations (10 at 10.000 mg/mL) was mixed with 3,9 mL of methanolic solution containing DPPH· radicals ($6,5 \times 10^{-5} \text{M}$). After the interval of 60 minutes and then the absorbance was measured by UV spectrophotometer (*Thermo Electron Corporation Biomate 5*) at a wavelength of 515 nm. The percentage scavenging of DPPH· radical was calculated according to the formula: % scavenging effect = $100 \times [(ADPPH - A_{\text{sample}})/ADPPH]$, where ADPPH = absorbance of the DPPH solution; A Sample = absorbance of the solution when the extract was added at a particular concentration. The test was performed in triplicate, and the results were considered positive if the absorbance decreased with time. The inhibitory potential (%) was applied in the Origin 7.0 statistic program to calculate the 50% inhibitory concentration (IC₅₀). For comparison the sequestration capacity of DPPH radical of quercetin and the synthetic antioxidant BHT at the same concentration of the extracts was determined.

2.4.5.2 Autoxidation system β -carotene/linoleic acid

This determination was performed by the method developed by Wettasinghe and Shahidi (1999). Initially, was added 2 mL of a solution of β -carotene (0,2 mg/ml chloroform) in a round bottom flask containing 20 μL of linoleic acid and 200 μL of Tween 40. Then, the mixture was evaporated on rotaevaporator to 40°C for 10 minutes to remove the chloroform. After evaporation, the mixture was added 100 mL of distilled water saturated with oxygen (oxygen for 30 minutes), which was stirred to form the emulsion. Concentrations of 500, 250, 100, 50 and 25 ppm of sample in methanol were prepared in test tubes and 0,2 mL aliquots were added to 5 mL of β -carotene / linoleic acid. A solution of free β -carotene was prepared under the same conditions for each concentration (control). All mixtures were incubated at 50°C for 2 h. Reading was performed at 470 nm in a UV spectrophotometer *Thermo Electron Corporation Biomate 5*. To make the comparison, the synthetic antioxidant BHT was used in the same concentrations and conditions. The absorbance of the sample was measured immediately and antioxidant activity was calculated using the following equation:

$$AA = \left[\frac{1 - A_o - A_t}{A_o^o - A_t^t} \right] \times 100$$

where AA is antioxidant activity, A_o and A_o^o are the absorbance values measured at initial time of the incubation for samples and control, respectively, while A_o^t and A_t are the absorbance values measured in the samples or standards and control at $t=120$ min.

The inhibitory potential (%) was applied in the Origin 7.0 statistic program to calculate the 50% inhibitory concentration (IC_{50}).

2.4.5.3 Evaluation of oxidative stability (Rancimat method)

The oxidative stability test was performed at Reference Laboratory in Biofuels of the Core Foundation for Industrial Technology of Ceará (LAR BIO). A sample of refined soybean oil, without adding antioxidants, has been provided by the company Central Cooperative of the Cotton Growers and Alimentos Ltda. (COCENTRAL), located in the city of Fortaleza, Ceará, Brazil. The analyses followed the methodology in accordance with European Standard EN 14112 (2003), using the equipment Rancimat (*Metrohm*, model 873). Initially, three grams of refined soybean oil were mixed with extracts acetone, ethanol and methanol flour obtained from waste guava in the concentration of 100ppm. Then the mixture was subjected to a temperature of 110°C under constant air flow 10L/h. The curve of conductivity electrical versus time was recorded automatically during the reaction and the test, in which the induction period (IP). A control prepared with soybean oil samples, without antioxidant, and sample containing synthetic antioxidant BHT in the concentration of 100 ppm were chosen as a comparative standard. Calculations of IP were performed with the aid of the program that came with it (Software 873 - Rancimat). The antioxidant activity was expressed in hours.

2.4.6 Phenolic compounds analysis by HPLC

Identification and quantification of phenolic compounds was carried out using HPLC *Shimadzu* LC-20A system equipped with LC-20DA pump, manual injector with a fixed volume of 20 μ L, Hypersil gold dim (250x4,6) mm (*Thermo Scientific*) column oven set at 30°C, running LC Solution software with UV-Vis detector model SPD-20A.

For resveratrol quantification, the method described by Silva et al. (2014), with modifications, was used. Briefly, the mobile phase consisted of water acidified to pH 2.8 using phosphoric acid (H_3PO_4) (Solution A) and acetonitrile (solution B) in a ratio of 70A:30B, isocratic with a flow rate of 1.5 ml/min, with an injection volume of 20 μ L, UV detection at 306 nm, and a total run time of 10 min per sample at 30°C. For coumarin quantification, the mobile phase consisted of water (Solution A) and acetonitrile (Solution B) in a ratio of 80A:20B, isocratic with a flow rate of 1.0 ml/min, injection volume of 20 μ L, UV detection at 274 nm, and a total run time of 12 min per sample at 30°C. For quercetin quantification, the mobile phase consisted of water acidified to pH 2.8 using phosphoric acid

(H₃PO₄) (Solution A) and acetonitrile (solution B) in a ratio of 80A:20B, isocratic with a flow rate of 1.25 ml/min, with an injection volume of 20 µL, UV detection at 350 nm, and a total run time of 20 min per sample at 30°C. For rutin quantification, the mobile phase consisted of water acidified to pH 2.8 using phosphoric acid (H₃PO₄) (Solution A) and acetonitrile (solution B) in a ratio of 80A:20B, isocratic with a flow rate of 1.25 ml/min, with an injection volume of 20 µL, UV detection at 350 nm, and a total run time of 15 min per sample at 30°C. The quantification of isoquercitrin followed the same parameters for rutin. The parameters obtained in the validation of the methods are shown on Table 1.

Table 1

Method validation for the chromatographic analysis of resveratrol, Coumarin, quercetin, and rutin in guava seed powder (*Psidium guajava* L.).

Parameter	Rutin	Resveratrol	Coumarin	Quercetin
Limit of detection (mg/mL)	1.10 ⁻⁹	1.10 ⁻⁸	1.10 ⁻⁸	1.10 ⁻⁸
Limit of quantification (mg/mL)	1.10 ⁻⁸	1.10 ⁻⁷	1.10 ⁻⁷	1.10 ⁻⁶
Linearity ^a	$y = 2 \times 10^7 x + 90905$	$y = 3 \times 10^7 x + 517910$	$y = 7 \times 10^7 x + 3 \times 10^6$	$y = 3 \times 10^7 x + 133734$
Correlation coefficient (R ²)	0,9999	0,9999	0,9912	0,9769
Retention time (min)	5,7	5,9	9,7	16,8

^a x is the concentration in µg/mL and y is the peak area at designated UV wavelength.

Standard curves for resveratrol, coumarin, quercetin, rutin were prepared under the same conditions. Resveratrol (0.002, 0.02, 0.2 and 2 mg/ mL), coumarin (0.001, 0.01, 0.1, 0.5 and 1 mg / mL), quercetin and rutin (0.001, 0.01, 0.1, 0.5 and 1mg/mL). All standards were diluted in methanol. Initially, sample injections were made with standards, using the external standard method, in order to identify these compounds in the sample runs.

2.4.7 Statistical analysis

The results were expressed as mean and standard deviation (n = 3). We used analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test for comparison of means (p<0,05), using SAS ® 'Statistical Analytical Systems' (SAS, 2008) for Windows.

3.0 Results and discussion

3.1 Totals Carotenoids and lycopene determination

The amount of carotenoids present in the powder sample obtained from guava seed, which was 1.25 ± 0.14 mg/100g. Corrêa et al. (2011) studied the antioxidant content in guava and araçá grown in different regions of Brazil, obtained for guava a concentration of carotenoids totals ranging from 0.13 to 2.54 mg/100g in guavas pulps white and red, respectively. In the araçá, the fruit of the same kind, the carotenoids concentration was 0.73 mg/100g. Lycopene is considered the carotenoid with the greatest capacity to eliminate the singlet oxygen. Studies have demonstrated that lycopene protects lipid molecules, low-density lipoproteins, proteins, and DNA against free radical attack, playing an essential role in the protection against diseases (Porrini et al., 2005). The amount of lycopene present in the powder sample obtained from guava seed, which was 182 ± 0.09 µg/100g. This concentration of lycopene was compared with tomatoes, a lycopene-rich fruit. Carvalho, Fonseca, Silva, Boiteux, and Giordano (2005) studied different tomato hybrids and concluded that the content of lycopene in the ripe fruit varies from 149.6 to 191.6 µg/100g d.b.

3.2 *Qualitative Phytochemical Analysis*

The interest in polyphenols is due to their great abundance in our diet, and their probable role in the prevention of various diseases associated with oxidative stress. The present phytochemical screening in the extracts ethanol, acetone and methanol of guava seed (*Psidium guajava* L.) powder revealed the presence of phenols and tannins, flavanonóis, flavonols, flavanols, xanthonés and free steroids in the three extracts analyzed. Qualitative analysis of the ethanol extract was also observed the presence of chalcones, flavanones and auronas. In a study by Omena et al. (2012), qualitative phytochemical screening revealed the presence of phenols and tannins in siriguela and umbu (peel and seeds), anthocyanins, proanthocyanidins and flavonoids in siriguela peel, leucoanthocyanidins, catechins and flavanones in genipap peel and in genipap, siriguela and umbu seeds, triterpenoids and steroids in all the samples and saponins in siriguela seeds. In seed extracts of the avocado (*Persea americana*), the preliminary phytochemical analyses revealed the presence of flavonoids, anthocyanins, condensed tannins, alkaloids and triterpenes in methanol extracts. Sterols and triterpenes were detected in the hexane extract (Leite et al., 2009). Many solvents can be used successfully in the extraction of bioactive compounds, however, the increase in yield depends directly of the same polarity. It is worth noting that in addition to phenolic compounds, other fruits contain oxidation inhibitors such as ascorbic acid, hydroxycarboxylic acids and carotenoids (Pokorný, 2007) and the extraction of these phytochemicals is also influenciada by the polarity of the solvent used.

3.3 *Quantitative Analysis Phytochemistry*

Table 2 shows the results of the percentage of income and the mean and standard deviation of total contents, total phenolics, flavonoids and tannins in the extracts obtained from guava seed (*Psidium guajava* L.).

According to table 2, the extract with highest yield was methanol extract, 2.6% dry extract, followed by ethanol and acetone extracts. Jorge et al. (2009), obtained yield of extraction in ethanol: water (95:5) of passion fruit 1,26% dry extract.

Table 2

Yield, total phenolic content, total flavonoid and total tannin extracts of powder obtained from guava seed (*Psidium guajava* L.).

Extracts	Yield (%)	Total phenolic (mg GAE/g)*	Total flavonoid (mg QE/g)**	Total tannin (mg EAT/g)***
Acetone	1.4	49.70±0.48 ^a	1.529±0.04 ^a	41.159±2.64 ^a
Ethanol	1.5	33.44±1.66 ^b	1.434±0.01 ^b	27.120±0.66 ^b
Methanolic	2.6	36.78±1.91 ^b	0.873±0.02 ^c	33.873±1.98 ^b

The results are expressed as mean ± standard deviation for analysis in three replicates. Means followed by different letters in the same column are significantly different by Tukey's test at 5% (p<0.05). GAE=Gallic acid; EQ=quercetin equivalent; EAT= tannic acid of equivalent.

The total phenolic content varies considerably from one fruit to another and depends on the part of the fruit analyzed. These variations may be due to levels of environmental characteristics of cultivation, variety of farming, processing and maturity of the fruit, besides the conditions used for the extraction of phenolic compounds used as solvents, temperature and extraction time (Freire et al., 2013). The acetone extract had the highest phenolic content (49.70±0,48 mgGAE/g), thus demonstrating that solvent extraction was more efficient in this class of chemicals, since the ethanol extracts (33.44±1.66 mgGAE/g) and methanol (36.78±1.91 mgGAE/g) showed no statistical difference (p<0,05) between their values (Table 2). The values of total phenolics determined in this study were higher than those found by You et al. (2011), which showed levels of 9.74±0.19, 9.80±0.24 and 7.88±0.15 mgGAE/g of acetone, methanol and ethanol extract of guava seed, respectively. El Bedawey et al. (2010), shower for guava seed levels of 10.48±0.33 mgGAE/g extract. In the extract of passion fruit, described by Jorge et al. (2009), the concentration of total phenolics was 42.93 mg GAE/g. Pescheletal (2006), found levels are higher than aqueous extracts of many food by-products, such as residues from juice production (apple, 46 mg GAE/g; pear, 13mg GAE/g; and red beet, 92mg GAE/g) and by-products de guava 39 mg GAE/g for guava, ethanol extract.

The concentrations of total flavonoids was higher in the acetone extract, 1.529±0.04 in quercetin equivalent per gram of extract, which was statistically different from the other two extracts, 1.434±0.01 and 0.873±0.02 mgEQ/g, respectively, for the ethanolic and methanolic

extracts. These results were higher than those determined by Sousa et al. (2011), that obtained for the residual value of guava of 1.06 ± 0.01 mgEQ/g and Reddy, Sahana e Urooj (2012), who obtained value of 0.31 mgEQ/g for the methanolic extract of guava leaves. Gull et al. (2012), when analyzing fresh fruit guava at different stages of maturation obtained total flavonoids ranging from 0.18 a 0.46 mgEQ/g, for mature and green, respectively guavas. And El Bedawey et al. (2010), obtained value of 1.10 ± 0.23 mgEQ/g, in guava seeds. As for the content of tannins, the results indicated that there was statistical difference between the analyzed extracts. The majority of tannins in the seeds of guava was solubilized in ethanol and acetone, whereas significantly lower amounts extracted in methanol. Values were observed of 41.159 ± 2.64 ; 47.120 ± 0.66 e 33.873 ± 1.98 , mgEAT/g of acetone, ethanol and methanol extracts, respectively (Table 3), results not reported so far in the literature. The guava seed powder analyzed in this study were compared to tannin levels in leaves and bark of *Psidium guava*. Gutiérrez et al. (2008) determinou concentrações de 0.08 e 0.3 mgEAT/g, para leaves and bark of *P. guajava*.

3.4 Antioxidant activity in vitro

The antioxidant action of bioactive compounds is important in reducing lipid oxidation, because, when incorporated into food, not just preserve the quality of food, but also reduce the risk of developing diseases such as cardiovascular diseases, cancer, ulcers, infamatórios processes vascular fragility and infections (Jorge et al. 2009). Second Melo et al. (2011), due to variation in the antioxidant effect of the extracts of flour waste ratio of the concentrations used in the assay, the results are often stated at IC₅₀, and the lower the value of IC₅₀ higher antioxidant activity of the extract.

The influence of all relevant parameters can not be evaluated using only a trial protocol, so were chosen to evaluate the antioxidant capacity of guava seed powder methods DPPH, the autoxidation of β -caroteno/linoleic acid system and evaluating the oxidative stability of soybean oil using the Rancimat method. The results are shown in Table 3.

Table 3

Antioxidant activity by DPPH, autoxidation system of β -caroteno/ linoleic acid and oxidative stability of soybean oil index in extracts of powder obtained from guava seed (*Psidium guajava* L.).

Samples	DPPH IC ₅₀ µg/mL	β -carotene/linoleic acid IC ₅₀ µg/mL	OSI (h)
Acetone	4.333 ± 0.08^b	0.343 ± 0.02^a	6.35 ± 0.00^a
Ethanolic	5.365 ± 0.16^a	0.193 ± 0.07^{bc}	6.41 ± 0.07^a
Methanolic	5.777 ± 0.27^a	0.524 ± 0.03^a	5.92 ± 0.01^b
Quercetin	0.222 ± 0.11^c	-	-

BHT	0.110±0.06 ^c	0.116±0.13 ^c	6.44±0.01 ^a
No Antioxidant	-	-	5.90±0.02 ^b

The results are expressed as mean ± standard deviation for analysis in three replicates. Means followed by different letters in the same column are significantly different by Tukey's test at 5% ($p < 0,05$). IC_{50} = values correspond to the sample concentration achieving 50% of antioxidant activity or 0.5 of absorbance in reducing power assay. OSI = oxidative stability index in hours (accelerated oxidation carried out at 110°C with air flow rate of 10 L/h). BHT = synthetic antioxidant butylated hydroxytoluene.

The values of IC_{50} shown in table 3 for the extracts by the method of reduction of DPPH shows the patterns being used as a reference, quercetin and BHT showed the highest antioxidant activity 0.222±0.11 e 0.110±0.06µg/mL, respectively. Among the samples, the acetone extract had the highest power of inhibition (IC_{50}), 4.33±0.08µg/mL, statistically different ($p < 0,05$), ethanol and methanol extracts. Similar IC_{50} values were determined by Yuo et al. (2011), analyzing the acetone, methanol and ethanol extracts of guava seed. El Bedaway et al. (2010), showed that guava leaves and guava seeds, exhibited the highest antioxidant activity when extracted with ethanol. Comparing the results with guava pulp fresh and frozen, Freire et al. (2013) gave IC_{50} values of 2.569 ± 0.032 e 3.913 ± 0.005µg/mL, respectively, in acetone-ethanol extract and IC_{50} of 2.088 ± 0.019 e 2.908 ± 0.013µg/mL, in acetone-methanol extract, respectively. The weak antioxidant activity of extracts obtained from residues of guava can be explained by the fact that the technique using DPPH system consists of polar and is more suitable for hydrophilic compounds. Can thus assign the antioxidant activity of guava seed powder other compounds, of nature non phenolic and non polar.

The antioxidant activity using the method of autoxidation of linoleic β-caroteno/ácido system showed that the ethanolic extract obtained greater ability to protect linoleic acid and β-carotene oxidation, worth of IC_{50} of 0.193±0,07µg/mL. This result showed no significant at the 5% difference, with the result displayed when using the synthetic antioxidant BHT (0.116±0.13 µg/mL). The acetone and methanol extracts showed values of 0.343±0.02 and 0.524±0.03 µg/mL. Alexandrino et al. (2013), evaluated the antioxidant activity of extracts of mango seed obteveram value of IC_{50} de 2.1± 0.08 µg/mL and standards of gallic acid and tannic acid values of IC_{50} of 0.64±0.05 e 1.2±0.05 µg/mL, respectively. When comparing the results obtained with the method of DPPH and the autoxidation system β-carotene/linoleic acid was observed that the extracts showed opposite results. This is because the DPPH assay evaluates only the reducing power of antioxidant polar fractions, which oxidizes the electron donating and therefore does not detect pro-oxidant substances such as ascorbic acid. While linoleic β-caroteno/ácido system that assesses the ability to protect the antioxidant has linoleic acid and β-carotene oxidation, identifying pro-oxidant substances such as vitamin C.

The elapsed time for the occurrence of oxidation of soybean oil added the ethanol and acetone extracts of guava residue were 6.41 e 6.35h, respectively, they showed no statistically significant difference between them and between soybean oil added to the synthetic antioxidant BHT (6.44h) ($p < 0,05$). Soybean oil added to the methanol extract was demonstrated that the lower antioxidant protection (5.92 h) in the lipid system and did not differ statistically from soybean oil without antioxidant ($p < 0,05$). These results showed that the extracts have had good oxidation protection and oil that can be divided characteristics the amphiphilic phenolic compounds. Similar values were found by Murcia, Jiménez, Martínéz-Tome (2001), who also employed this method with extracts of tropical fruits such as mango, papaya, avocado, passion fruit, pineapple, star fruit and banana, and observed a small variation in the protective factors and the fact that the addition of the extracts could provide a longer service life useful to oils than synthetic antioxidants BHA and BHT. Broinizi et al. (2007), analyzed the effect of the addition of the extract of cashew apple and found that the values of the induction period of soybean oil added to the aqueous and ethanol extracts were higher when compared to the synthetic antioxidant BHT. Already Kobori; Jorge (2005), analyzed the oils of seeds of fruits obtained values of induction period 14.41; 3.25; 16.5 e 20.33 hours for the oils tomato, orange, passion fruit and guava, respectively. And El Bedawey et al. (2010), showed an induction period for the seed guava oil 5.1 hours.

It is important to conduct different tests to assess the antioxidant activity, to obtain more precise answer about the interaction of the compounds present in the sample with different radicals generated during the reaction. In the oxidation test of β -carotene and linoleic acid, can be measured in the first step (15 to 45 minutes) the ability of compounds to donate electrons or hydrogen atoms, prolonging the induction period and the second stage (75 to 105 minutes) to interact with the compounds generated by the degradation of linoleic acid. You test using the Rancimat ® device, the compounds formed are volatile, resulting from oxidation at a later stage. However, despite the variety of methods that make it possible to measure the antioxidant activity, the results obtained in this study, both tests indicate high antioxidant activity of different extracts of waste guava (Jardini & Mancini Filho, 2007).

3.5 Phenolic compounds analysis by HPLC

The ethyl acetate extract of guava seed powder was analysed by HPLC-UV to identify the components with significant biological activity. The sample peaks were identified by matching retention time (tR) of phenolic standards of interest. Their identification was confirmed by co-injection of standards. Phenolic compounds, such as resveratrol, quercetin, rutin, isoquercitrin and coumarin, are very important plant constituents because of their

antioxidant activities (Chen et al., 2007). These compounds were identified and quantified at by-product of guava. The analysis of phenolic compounds in the guava seed extracts is shown in Table 4.

Resveratrol is a natural stilbene found in many vegetable species, generally in two forms: trans (E) and cis (Z), with trans-Resveratrol is more being recognized for its biological activity. Trans-Resveratrol displays antioxidant and anti-inflammatory properties (Kalantari & Das, 2010; Silva et al., 2014). The amount of resveratrol in identified guava seed powder was of 39.0 mg/100g (Table 5). Silva et al. (2014), determined concentrations of 25.67 ± 0.67 e 112.51 ± 2.01 mg/100g, for the by-products of guava and surinam cherry, respectively. When compared to the content of this compound in other commercial polyphenolic extract as determined by Casas et al. (2010) is still higher than in white grape pomace (0.9 mg/100g), skin (3.1 mg/100g), stem (1.7 mg/100g), and seed (0.2 mg/100g). Therefore, guava by-products can be considered as a rich source of resveratrol. That is particularly interesting considering that this compound has a wide range of nutraceutical and phytopharmaceutical properties.

Table 4

Quantification of bioactive compounds in extracts of powder obtained from guava seed (*Psidium guajava* L.).

Varieties	Concentration (mg/100g dry basis)
Resveratrol	39.0±0.02
Quercetin	7.39±0.07
Rutin	3.53±0.12
Isoquercitrin	1.66±0.04
Coumarin	48.79±0.02

The results are expressed as mean ± standard deviation for analysis in three replicates.

Second Silva et al. (2009) there is a structural similarity between quercetin, rutin and isoquercitrin to, and so all three compounds exhibit biological activities in common, including the anti-proliferative effects on various tumor cell lines, anti-inflammatory and antiallergic properties, antioxidant activity and effects in the prevention of atherosclerotic diseases. The concentration of quercetin, rutin and isoquercitrin the guava seed powder was of 7.39; 3.53 e 1.66 mg/100g, respectively. Nantitanon et al. (2010) quercetin content obtained from 12.25 ± 1.68 mg/100g in leaves of *Psidium guajava*. Gutiérrez et al. (2008) concentration detected of 28.83 e 36.05 mg/100g of quercetin in the leaves and flowers of *P. guajava*, respectively. Flores et al. (2013) compounds identified ellagic acid, myricetin, quercitrin, and quercetin the ethyl acetate extract of guava pulp of Costa Rica. Mahattanatawee et al. (2006) identified ellagic acid in the leaf and roots of *P. guajava*. Quercetin, quercitrin, and myricetin

have been previously reported in the leaf and fruits of *P. guajava* (Kubola, Siriamornpun, & Meeso, 2011). The results of isoquercitrina and rutin to waste guava not reported so far in the literature.

The concentration of coumarin found in this study was lower than that found by Silva et al. (2014), have detected and quantified this compound in guava, passion fruit, surinam cherry by-products and mango pulp with values ranging from 57.39 to 102.49 mg/100g. The guava seed powder analyzed in this study were compared to coumarin levels in cinnamon bark, which are known to have high concentrations of coumarin and are widely used in traditional medicine. Ho, Chang, & Chang, 2013 obtained for ethanolic extract of cinnamon bark concentrations of coumarin of 29.4 mg/100g. Coumarins are lactones derived from o-hydroxycinnamic acids by cyclization and ring closure between the o-hydroxy and carboxyl groups. These compounds are present mainly in the families *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae*, and *Poaceae*. These and its derivatives have been associated to antimicrobial and anti-inflammatory activities with antioxidative activities (Silva et al., 2014).

4. Conclusion

The guava seed powder (*Psidium guajava* L.) in its composition showed high concentration of unsaturated fatty acids, especially linoleic fatty acid (n-6) and oleic (n-9). As to the residue antioxidant constituents may be considered as potential sources of carotenoids, flavonoids and phenolics. The acetone and ethanolic extracts exhibited better antioxidant activity in the studied tests. Among the phenolic compounds identified, resveratrol and coumarin were those that presented the highest concentration.

So the development of this research allows to demonstrate that the guava seed powder can be considered as a promising source of antioxidants, which may be used in different fields (such as food, pharmaceutical and cosmetics, among others). It also raises a new possibility for the use of this agro-industrial waste, which opens possibilities for the use of the whole fruit, providing an added value within their supply chain. Além de proporcionar um impacto econômico e ambiental positivo. Besides providing a positive economic and environmental impact.

Acknowledgments

We thank the Brazilian Government Agency (CAPES, Brazil) for granting research scholarship and for funding this project. The industry producing fruit pulp (Nutri Vita) for the supply of waste guava. The Embrapa Tropical Agribusiness, for the contribution in the analysis of lipid profile, the Reference Laboratory in Biofuels of the Core Foundation for

Industrial Technology of Ceara (LARBIO) for the contribution in the analysis of OSI and the Central Corporation of Cotton Producers that provided samples of refined soybean.

References

- Alexandrino, C. D., Morais, S. M., Oliveira, M. S. C., Machado, L. K. A., Martins, C. G., Craveiro, A. A., Rocha, N. R., Valle, C. P., Malveira, J. Q., & Jorge, F. A. S. (2013). Influence of hydrogenation and antioxidants on the stability of soy bean oil biodiesels. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 115, 709–715.
- Arbos, K. A., Stevani, P. C., & Castanha, R. de F. (2013). Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga. *Rev. Ceres, Viçosa*, 60 (2), 161-165.
- Apak, R., Gorinstein, S., Volker Böhm, V., Schaich, K. M., Özyürek, M., & Güçlü, K. (2013). Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity/activity (IUPAC Technical Report). *Pure Appl. Chem.*, 85 (5), 957–998.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci. Technol.* 28, 25–30.
- Brasil (2008). *Instituto Adolfo Lutz: Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 4ª edição, 1ª edição digital.*
- Broinizi, P. R. B., Andrade-Wartha, E. R. S., Silva, A. M. O., Torres, R. P., Azeredo, H. M. C., Alves, R. E., & Mancini-Filho, J. Propriedades antioxidantes em subproduto do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.): efeito sobre a lipoperoxidação e o perfil de ácidos graxos poliinsaturados em ratos. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas.* 44 (4), 28-34.
- Carvalho, W., Fonseca, M. E. N., Silva, H. R., Boiteux, L. S., & Giordano, L. B. (2005). Indirect analysis of lycopene levels in tomato genotypic fruits using colorimetric analysis. *Horticultura Brasileira*, 232, 819–825.
- Casas, L., Mantell, C., Rodrigues, M., Ossa, E. J. M., Roldan, A., Ory, I., et al. (2010). Extraction of resveratrol from the pomace of Palominofino grapes by supercritical carbon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 96, 304–308.
- Chen, J. P., Tai, C. Y., & Chen, B. H. (2007). Effects of different drying treatments on the stability of carotenoids in Taiwanese mango (*Mangifera indica* L.). *Food Chemistry*, 100, 1005–1010.
- Contreras-calderón, J., Calderón-jaimes, L., Guerra-hernandez, E., & Garcia-villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruit from Colombia. *Food Res Int.*, 44, 2047-2053.
- Corrêa, L. C., Santos, C. A., Vianello, F., & Lima, G. P. P. (2011). Antioxidant content in guava (*Psidium guajava*) and araçá (*Psidium* spp.) germplasm from different Brazilian regions. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 9 (3), 384–391.
- Costa, L. M., Moura, N. F., Marangoni, C., Mendes, C. E., & Teixeira, A. O. (2009). Atividade antioxidante de pimentas do gênero *Capsicum*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 3, 28-34.
- Dembitsky, V. M., Poovarodomb, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic

- fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International*, 44, 1671–1701.
- El Bedawey, A. A., Mansour, E. H., Zaky, M. S., & Hassan, A. A. (2010). Characteristics of Antioxidant Isolated from Some Plant Sources. *Food and Nutrition Sciences*, 1, 5-12.
- European Standards EN 14112. (2003). Fat and oil derivatives-fatty acid methylesters (FAME). Determination of Oxidation Stability Accelerated Oxidation Test, *CEN European Committee for Standardization*, Brussels.
- Gull, J., Sultana, B., Anwar, F., Naseer, R., Ashraf, M., & Ashrafuzzaman, M. (2002). Variation in Antioxidant Attributes at Three Ripening Stages of Guava (*Psidium guajava* L.) Fruit from Different Geographical Regions of Pakistan. *Molecules*, 17, 3165-3180.
- Gutierrez, R. M., Mitchell, S., & Solis, R. V. (2008). *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 117 (1), 1–27.
- Flores, G., Dastmalchi, K., Wu, S., Whalen, K., Dabo, A. J., Reynertson, K. A., Foronjy, R. F., D'Armiento, J. M., & Kennelly, E. J. (2013). Phenolic-rich extract from the Costa Rican guava (*Psidium friedrichsthalianum*) pulp with antioxidant and anti-inflammatory activity. Potential for COPD therapy. *Food Chemistry*, 141, 889–895.
- Freire, J. M., Abreu, C. M. P. de., Rocha, D. A., Corrêa, A. D., & Marques, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. *Ciência Rural*, Santa Maria, 43 (12), 2291-2296.
- Funari, C. S., & Ferro, V. O. (2006). Análise de própolis. *Ciencia e Tecnologia dos Alimentos*, 26, 171-178.
- Higby, W. K. (1962). A simplified method for determination of some the carotenoid distribution *in natura* and carotene – fortified orange juice. *J. Food Sci.*, 27, 42-49.
- Ho, S. C., Chang, K. S., & Chang, P. W. (2013). Inhibition of neuro inflammation by cinnamon and its main components. *Food Chemistry*, 138, 2275–2282.
- Jardini, F. A., & Mancini Filho, J. (2007). Avaliação da atividade antioxidante em diferentes extratos da polpa e sementes da romã (*Punica granatum*, L.). *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. 43 (1), 36-45.
- Jorge, N., Malacrida, C. R., Angelo, P. M., & Andreo, D. (2009). Composição centesimal e atividade antioxidante do extrato de sementes de maracujá (*Passiflora edulis*) em óleo de soja. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, 39 (4), 380-385.
- Kalantari, H., & Das, D. K. (2010). Physiological effects of resveratrol. *Biofactors*, 36 (5), 401–406.
- Kobori, C. N., & Jorge, N. (2005) Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, 29 (5), 1008-1014.
- Kubola, J., Siriamornpun, S., & Meeso, N. (2011). Phytochemicals, vitamin and sugar content of Thai wild fruits. *Food Chemistry*, 3 (1), 972–981.
- Leite, G. J. J., Brito, E. H. S., Cordeiro, R. A., Brillhante, R. S. N., Sidrim, J. J. C., Bertini, L. M., Morais, S. M., & Rocha, M. F. G. (2009). Chemical composition, toxicity and larvicidal and antifungal activities of *Persea americana* (avocado) seed extracts. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 42 (2), 110-113.

- Mahattanatawee, K., Manthey, J. A., Luzio, G., Talcott, S. T., Goodner, K., & Baldwin, E. A. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (19), 7355–7363.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and *in vitro* antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, 135, 1520–1526.
- Mccook-Russell, L. P., Nair, M. G., Facey, P. C., & Bowen-Forbes, C. S. (2012). Nutritional and nutraceutical comparison of Jamaican *Psidium cattleianum* (strawberry guava) and *Psidium guajava* (common guava) fruits. *Food Chemistry*, 134, 1069–1073.
- Matos, F. J. A. (1997). *Introdução à fitoquímica experimental*, 2 ed., Ed. UFC: Fortaleza, 33-66.
- Melo, P. S., Bergamaschi, K. B., Tiveron, A. P., Massarioli, A. P., Oldoni, T. L. C., Zanus, M. C., Pereira, G. E., & Alencar, S. M de. (2011). Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. *Ciência Rural*, Santa Maria, 41 (6), 1088-1093.
- Murcia, M. A., Jiménez, A. M., & Martínez-Tome, M. (2001). Evaluation of the antioxidant properties of Mediterranean and tropical fruits compared with common food additives. *J. Food Prot.*, Des Moines, 64 (12), 2037-46.
- Nagata, M., & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, 39, 925–928.
- Nantitanon, W., Yotsawimonwat, S., & Okonogi, S. (2010). Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. *LWT-Food Science and Technology*, 43, 1095-1103.
- Omena, C. M. B., Valentim, I. B., Guedes, G. V. S., Rabelo, L. A., Mano, C. M., Bechara, E. J. H., Sawaya, A. C. H. F., Trevisan, M. T. S., Costa, J. G. da., Ferreira, R. C. S., Sant' Ana, A. E. G., & Goulart, M. O. F. (2012). Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. *Food Research International*, 49, 334–344.
- Pansera, M. R., Santos, A. C. A., Paese, K., Wasum, R., Rossato, M., Rota, L. D., Pauletti, G. F., & Serafini, L. A. (2003). Análise de taninos totais em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no nordeste do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Farmacog.*, 13(1), 17-22.
- Peschel, W., Sánchez-Rabaneda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzía, I., Jiménez, D. et al. (2006). An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97, 137–150.
- Pierson, J. T., Dietzgen, R. G., Shaw, P. N., Roberts-Thomson, S. J., Monteith, G. R., & Gidley, M. J. (2012). Major Australian tropical fruits biodiversity: bioactive compounds and their bioactivities. *Molecular Nutrition & Food Research*, 56, 357–387.
- Pokorný, J. (2007). Are natural antioxidants better and safer than synthetic antioxidants? *European Journal of Lipid Science and Technology*, Weinheim, 109 (6), 629-642.
- Porrini, M., Riso, P., Brusamolino, A., Berti, C., Guarnieri, S., & Visioli, F. (2005). Daily intake of a formulated to matodrink affects carotenoid plasma and lymphocyte concentrations and improves cellular antioxidant protection. *Brazilian Journal of Nutrition*, 93, 93–99.

- Reedy, P. V., Sahana, N., & Urooj, A. (2012). Antioxidant activity of *Aegle marmelos* and *Psidium guajava* leaves. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 2 (1), 155-160.
- Rufino, M. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S. de., Morais, S. M. de., Sampaio, C. de. G. S., Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. D. (2007). *Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 4p, (Comunicado Técnico, 127).
- SAS (Statistical Analysis System) for Windows. 2008. Version 9.2, USA: Microsoft Corporation.
- Sikora, E., Cieslik, E., Leszczynska, T., Filipiak-Florkiwuacz, A., & Pisulewski, P. M. (2008). The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. *Food Chemistry*, 107, 50-55.
- Silva, L. M. R. da., Figueiredo, E. A. T. de., Ricardo, N. M. P. S., Vieira, I. G. P., Figueiredo, R. W., Brasil, I. M., & Gomes, C. L. (2014). Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 143, 398–404.
- Silva, C. G., Raulino, R. J., Cerqueira, D. M., Mannarino, S. C., Pereira, M. D., Panek, A. D., Silva, J. F. M., Menezes, F. S., & Eleutherio, E. C. A. (2009). *In vitro* and *in vivo* determination of antioxidant activity and mode of action of isoquercitrin and *Hyptis fasciculata*. *Phytomedicine*, 16 (8), 761-767.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- Sousa, M. S. B., Vieira, L. M., Silva, M. de J. M da., Lima, A. de., (2011). Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. *Ciência Agrotecnica*, Lavras, 5 (3), 554-559.
- Sousa, V. R., Pereira, P. A. P., Queiroz, F., Borges, S. V., & Carneiro, J. D. D. S. (2012). Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chemistry*, 134, 381–386.
- Stangeland, T., Remberg, S. F., & Lye, K. A. (2009). Total antioxidant activity in 35 Ugandan fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 113, 85–91.
- Usman, M., Samad, W. A., Fatima, B., & Shah, M. H. (2013). Pollen Parent Enhances Fruit Size and Quality in Intervarietal Crosses in Guava (*Psidium guajava*). *International Journal of Agriculture & Biology*, 15 (1), 125–129.
- Verma, A. K., Rituparna BANerjee, V. R., Biswas, S., & Das, A. K. (2013). Guava (*Psidium guajava* L.) powder as a antioxidant dietary fibre in sheep meat nuggets. *Asian Australas. J. Anim. Sci*, 26 (6), 886-895.
- Vyas, N., Tailang, M., Gavatia, N. P., & Gupta, B. K. (2010). Antioxidant potential of *Psidium guajava* linn. *International Journal of PharmTech Research*, 2 (1), 417-419.
- You, D-H., Park, J-W., Yuk, H-G., & Lee, S-C. (2011). Antioxidant and Tyrosinase Inhibitory Activities of Different Parts of Guava (*Psidium guajava* L.). *Food Science Biotechnology*, 20 (4) 1095-1100.
- Wettasinghe, M., & Shahidi, F. (1999). Antioxidant and free radical-scavenging properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis* L.) seeds. *Food Chem*, 67, 399–414.

CONCLUSÃO GERAL

CONCLUSÃO

Os resultados observados permitiram concluir que a semente de goiaba obtida do processamento agroindustrial de polpa de fruta apresentou:

- ✓ Resultados comparáveis com os estudos previamente realizados;
- ✓ Uma boa aceitação das formulações, com substituição de 5% e 10% da semente de goiaba em pó, na massa do bolo doce e na pizza sabor portuguesa;
- ✓ Quantidades satisfatória de macro e micronutriente com altas concentrações de proteínas, fibra dietética total, ácido graxo insaturado, principalmente os ácido graxos linoléico (w-6) e oléico (w-9), ferro e zinco, e baixo teor calórico. Além de elevadas concentrações de vitamina C, carotenóides totais e fibra dietética do tipo insolúvel;
- ✓ Padrão microbiológico satisfatório de acordo com a RDC nº 12 de 02/01/2001 da ANVISA;
- ✓ Um maior rendimento no extrato metanólico, mas os extratos acetônico e etanólico que conseguiram extrair maiores concentrações de fenólicos, flavonóides e taninos totais e obtiveram melhores atividades antioxidante nos ensaios *in vitro*;
- ✓ Fraca atividade antioxidante, dos extratos, no ensaio de DPPH. Já nos ensaios de autooxidação do sistema beta caroteno/ácido linoléico e Rancimat, foram mais eficazes na proteção oxidativa, assemelhando-se ao antioxidante sintético utilizado como padrão BHT. Demonstrando ainda que as diferenças na composição química da amostra influenciam a expressão da atividade antioxidante em meios polares e apolares;
- ✓ Maior concentração dos compostos fenólicos, resveratrol e cumarina.

Diante desses resultados, a semente de goiaba pode ser considerada uma fonte rica em compostos antioxidantes. Sua utilização é uma alternativa viável para evitar o desperdício, agregar valor econômico à produção de polpa congelada de frutos, contribuir para a minimização do impacto ambiental, e assim poder ser incorporada nas indústrias de alimentos, farmacêuticas e nutracêuticas, sob evidente respaldo de estudo de extração em escala industrial e aplicação.

PERSPECTIVAS FUTURAS

PERSPECTIVAS FUTURAS

A semente de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó (Figura 1) pode vir a constituir como uma alternativa promissora para auxiliar a suplementação de dietas da população, amenizando dessa forma, a carência em relação aos nutrientes que fazem parte da composição química dessa espécie. A semente de goiaba, resíduo agroindustrial da extração do suco, também apresenta pouco ou nenhum valor econômico, podendo ser transformadas em produtos de valor econômico agregado.

Para verificar a possibilidade de comercialização do produto com a semente de goiaba será necessário à realização de estudos de mercado. Os principais consumidores deste produto seria a população em geral, principalmente a população que apresenta intolerância ao glúten e carências nutricionais, de ferro, zinco e proteínas, podendo ser utilizado como fonte rica em nutrientes. Assim, sugere-se a elaboração de novos produtos enriquecidos com as sementes de goiaba, tais como pães, barra de cereais, mistura pronta para bolos, sorvetes e geleias. Além da avaliação da biodisponibilidade e estudos que revelem a inexistência de compostos tóxicos e alergênicos antes de sua incorporação na dieta tradicional.

Como tema de trabalhos futuros pode-se sugerir também a avaliação da atividade antioxidante do óleo da semente de goiaba e o desenvolvimento e a exploração de novos aromas e produtos derivados do óleo das sementes de goiaba.

ANEXOS

ANEXO A – SUBMISSÃO DO ARTIGO “ELABORAÇÃO E ACEITABILIDADE DE PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO ENRIQUECIDOS COM SEMENTE DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) EM PÓ”

The screenshot displays the 'Submissões Ativas' (Active Submissions) page of the HOLOS system. The browser window shows the URL 'www.cefetm.br/ojs/index.php/HOLOS/author'. The page layout includes a top navigation bar with links like 'CAPA', 'SOBRE', 'PÁGINA DO USUÁRIO', 'PESQUISA', 'ATUAL', and 'ANTERIORES'. A breadcrumb trail indicates the user's path: 'Capa > Usuário > Autor > Submissões Ativas'. The main heading is 'SUBMISSÕES ATIVAS', with sub-sections for 'ATIVO' and 'ARQUIVO'. A table lists active submissions with columns for ID, MM-DD ENVIADO, SEÇÃO, AUTORES, TÍTULO, and SITUAÇÃO. One submission is listed with ID 1895, sent on 01-03, in the 'AT' section, by 'Uchôa thomaz', titled 'ELABORAÇÃO E ACEITABILIDADE DE PRODUTOS DE PANIFICAÇÃO...', and in the 'EM AVALIAÇÃO' status. The page also features a 'INICIAR NOVA SUBMISSÃO' section, a 'BASES INDEXADAS' section with logos for various journals, and a 'TAMANHO DE FONTE' section. The bottom of the page shows a Windows taskbar with the system clock at 18:07.

**ANEXO B – CARTA DE APROVAÇÃO DO ARTIGO “CHEMICAL COMPOSITION,
FATTY ACID PROFILE AND BIOACTIVE COMPOUNDS OF THE GUAVA SEED
(*Psidium guajava* L.).**



ISSN 0101-2061



São Carlos, Segunda-feira 30 de Junho de 2014.

CERTIFICADO

Declaramos que o trabalho intitulado: "**Chemical Composition, Fatty Acid Profile And Bioactive Compounds of the Guava Seed (*Psidium Guajava* L.)**", dos autores: *Ana Maria Athayde Uchoa-Thomaz, José Osvaldo Beserra Carioca, Eldina Castro Sousa, Selene Maia Morais, Alessandro Lima, Pablito Ferreira, Ana Livya Moreira Rodrigues, Cristiane Duarte Alexandrino, Clécio Martins, José Celso Albuquerque Thomaz, Suliane Praciano Rodrigues, Jurandy Silva, Larissa Rodrigues*; Categoria "Contribuição original (Artigo)" e Área "Alimentos funcionais e/ou dietéticos", foi aceito para publicação na Food Science and Technology.

Suzana Caetano da Silva Lannes.

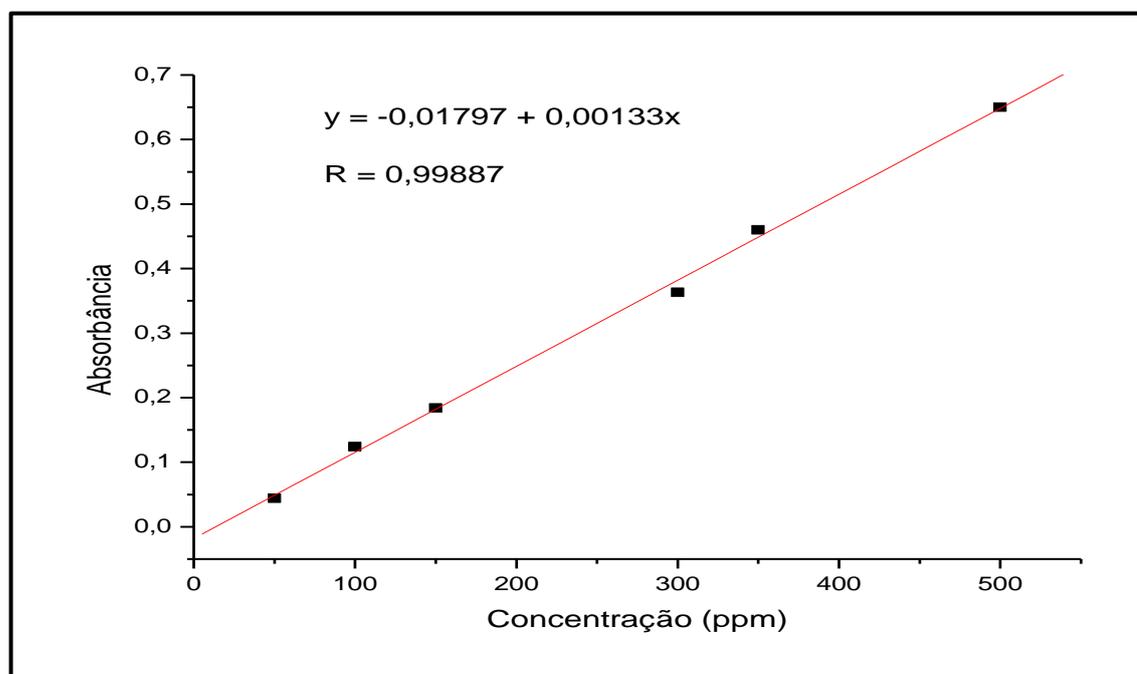
APÊNDICES

APÊNDICE A – ROTULAGEM NUTRICIONAL DA FARINHA

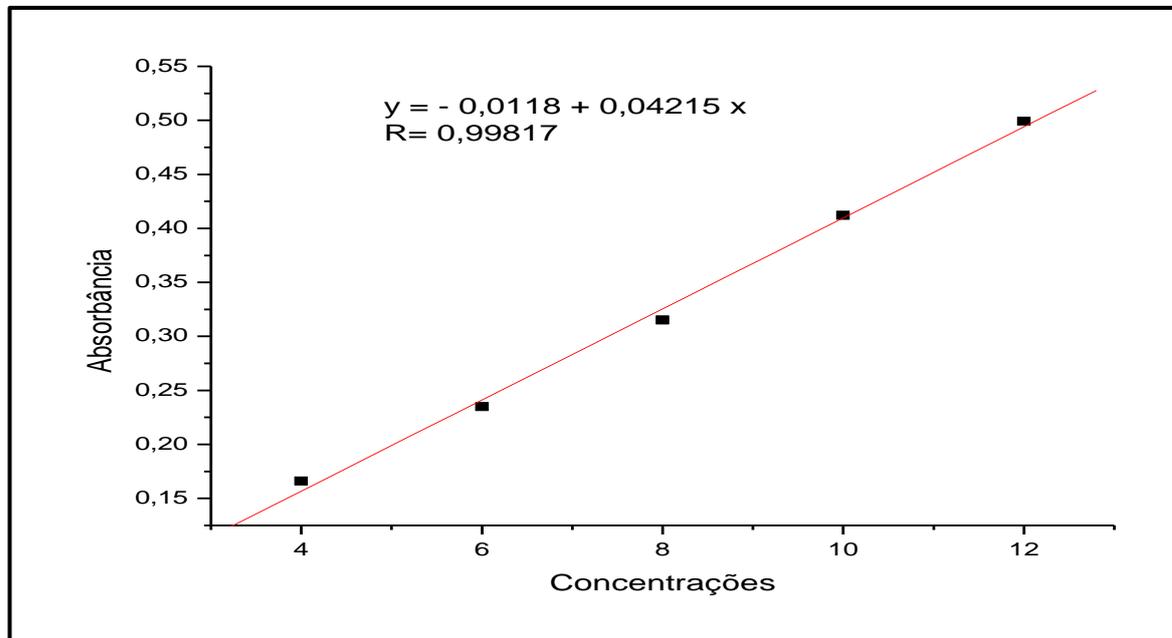
INFORMAÇÃO NUTRICIONAL		
Porção de 6g (colher de sopa)		
	Quantidade por porção	% VD(*)
Valor Calórico	10,9 Kcal – 45,8KJ	0,5
Carboidratos	0,2g	**
Proteínas	0,7g	0,8
Gorduras Totais	0,8g	1,5
Gorduras Saturadas	0,1g	0,5
Gorduras Insaturada	0,7g	2,9
Fibra Alimentar	3,8g	15,4
Sódio	**	**
Ferro	0,8mg	5,9

(*) Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000Kcal ou 8.400KJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.
 (**) valores não estabelecidos.

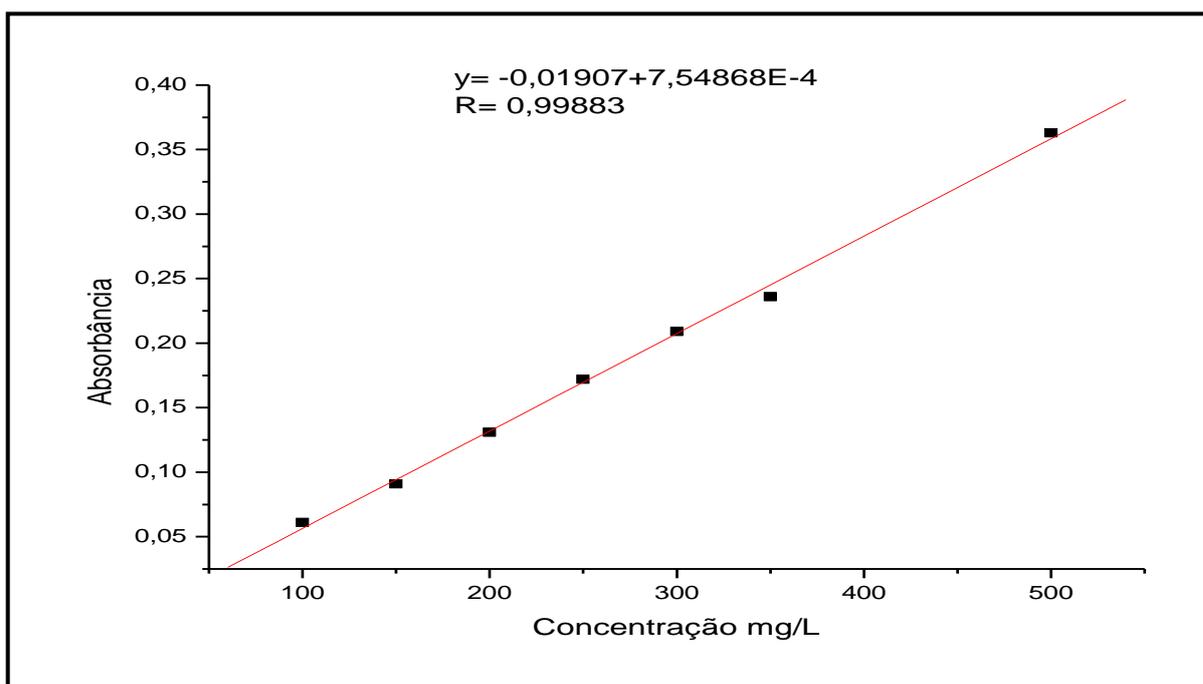
APÊNDICE B - CURVA PADRÃO DE ÁCIDO GÁLICO PARA QUANTIFICAÇÃO DE FENÓIS TOTAIS PELO ENSAIO COM O REAGENTE *FOLIN - CIOCALTEAU*.



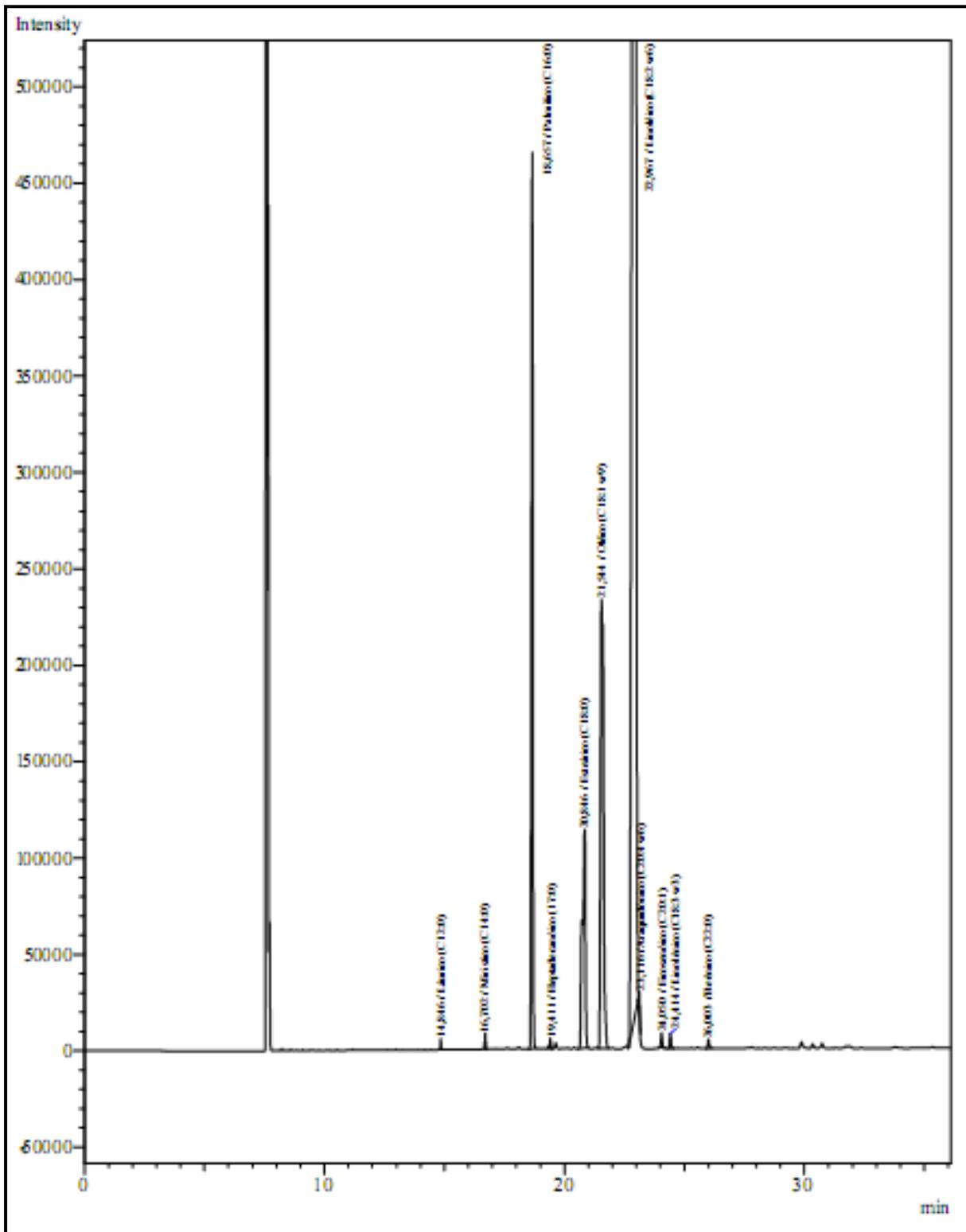
APENDICE C - CURVA PADRÃO DE QUERCETINA PARA QUANTIFICAÇÃO DO TEOR DE FLAVONÓIDES



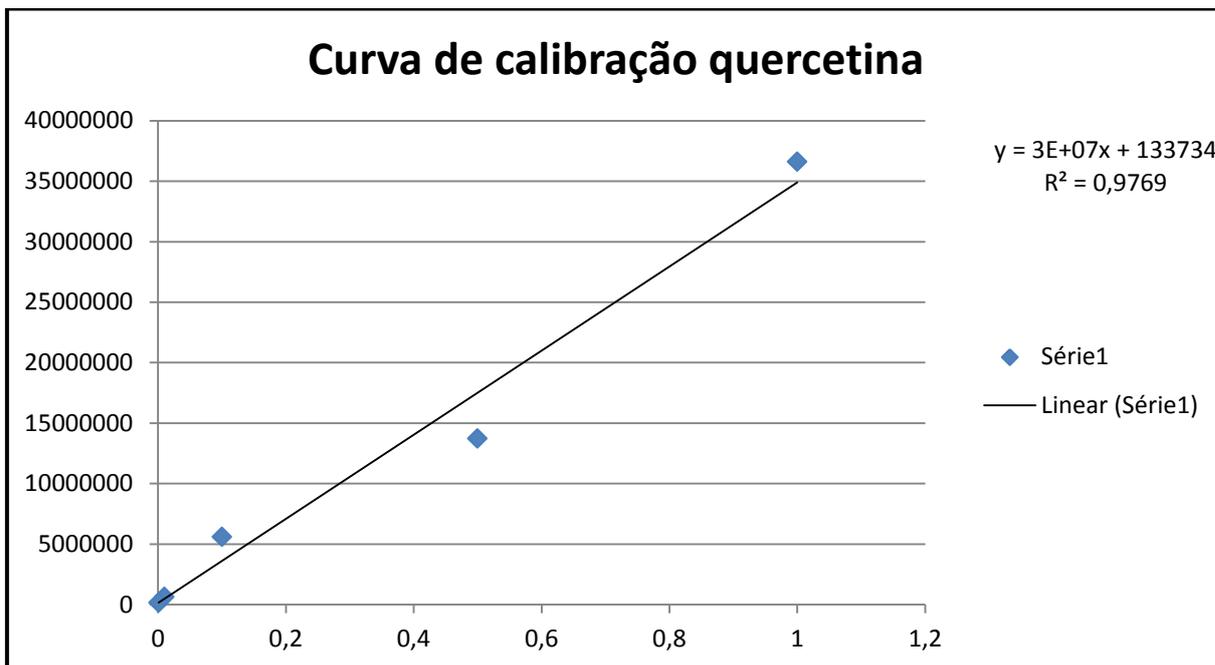
APÊNDICE D - CURVA PADRÃO DE ÁCIDO TÂNICO PARA O CÁLCULO DO TEOR DE TANINOS



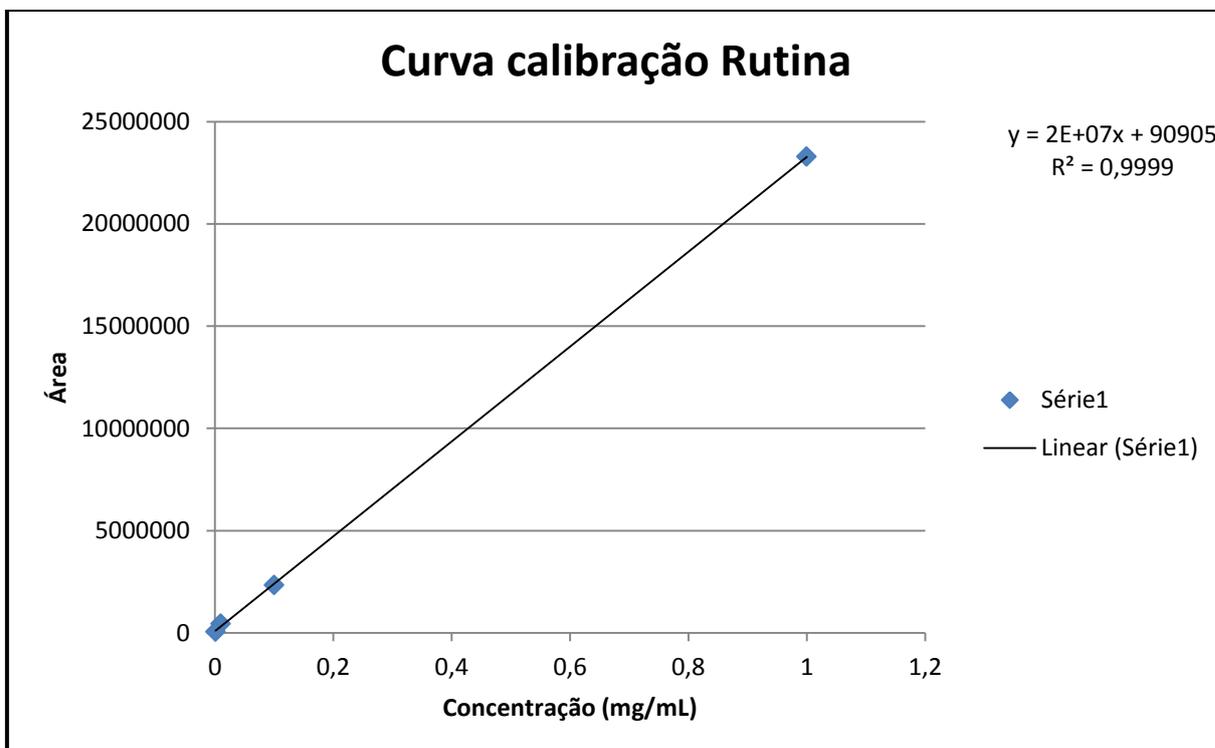
PÊNDICE E – CROMATOGRAMA DE ÁCIDOS GRAXOS PRESENTES NA SEMENTE DE GOIABA EM PÓ.



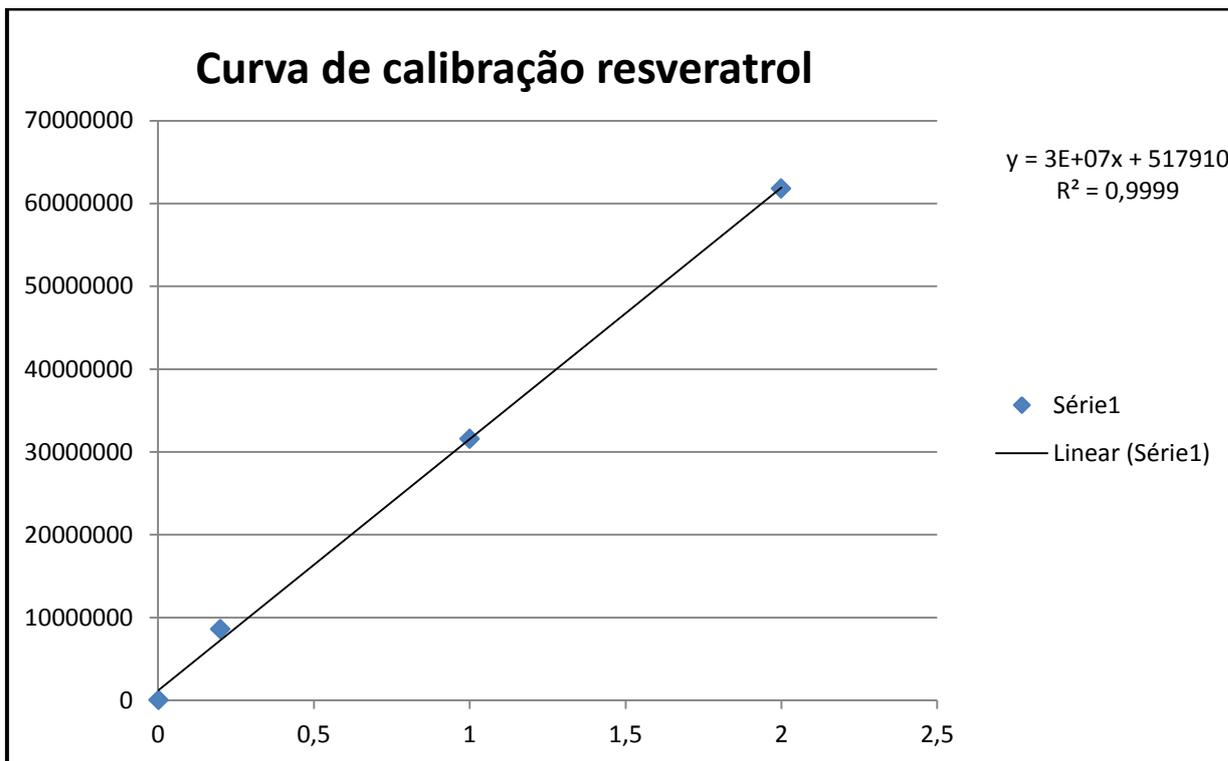
APÊNDICE F – CURVA DE CALIBRAÇÃO DO QUERCETINA



APÊNDICE G – CURVA DE CALIBRAÇÃO DA RUTINA



APENDICE H – CURVA DE CALIBRAÇÃO DO RESVERATROL



APENDICE I – CURVA DE CALIBRAÇÃO DA CUMARINA

